

Eetu Pulkkinen

**Sisäilmaongelmia aiheuttavien lattiamattojen vaihtamiset
ja lattiatason tiivistykset**

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Rakennustekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Eetu Pulkkinen

Työn nimi: Sisäilmaongelmia aiheuttavien lattiamattojen vaihtamiset ja lattiatason tiivistykset

Ohjaaja: Ilkka Loukola, Olli Lindell (Kokkolan kaupunki)

Vuosi: 2013

Sivumäärä: 60

Liitteiden lukumäärä: 3

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda Kokkolan kaupungin hanketoimistolle laadunvarmistusopas sisäilmaongelmia aiheuttavien mattopäällysteiden vaihtamiseen ja lattiatason tiivistykseen. Työ rajattiin betonirakenteisille ala- ja välipohjille tehtäville korjauksille.

Työssä selvitettiin yleisimmät sisäilmaongelmat, niiden aiheuttajat sekä tarkemmin mattopäällysteiden kemiallisen hajoamisen aiheuttavat vauriomekanismit ja korjaustapojen ohjeistukset eri vauriomekanismien yhteydessä. Korjaustapojen ohjeistukset tehtiin Ardexin tuoteperheen tuotteille. Lisäksi työssä selvitettiin eri korjausmenetelmissä sekä takuuaikana tehtävät kosteusmittaukset, mittausten ajankohdat ja mittauksen suorittamiseen käytettävät menetelmät.

Työn lähteinä käytettiin Ratu- ja Rt-kortistoa, aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, korjauskohteiden korjaustyöselostuksia sekä valmistajien antamia työohjeita. Lisäksi hankittiin asiantuntijatietoa haastatteleamalla sisäilmaongelmakohteiden korjaustöiden suunnittelijaa sekä sisäilmakorjauksia ja mattotöitä eri menetelmillä tehnyttä urakoitsijaa.

Työn tuloksena syntyi eri korjausmenetelmistä tietoa antava paketti sekä tarjouspyyntöasiakirjoihin liitettävä tiivistelmä eri menetelmien töiden kulusta ja vaadittavista kosteusmittauksista. Työn ohjeistuksia voidaan korjauskohteiden lisäksi käyttää soveltuvien osien myös uudisrakentamisessa.

Avainsanat: korjausrakentaminen, kosteusvauriot, sisäilma

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Eetu Pulkkinen

Title of thesis: Changing carpets causing indoor air problems and making floor level sealing

Supervisors: Ilkka Loukola, Olli Lindell (city of Kokkola)

Year: 2013

Number of pages: 60

Number of appendices: 3

The aim of the thesis was to create a quality assurance manual for the project office of the city of Kokkola on changing plastic floor carpets which cause indoor air problems and making floor level sealing. The thesis was outlined to repairs made to concrete structured base floors and floors.

The thesis studied the most common indoor air problems, their causes and, more specifically, chemical degradation in carpet surfaces, and guidelines of the repair methods in different damage mechanisms. Instructions were made for the product family of Ardex. The thesis also researched damp measurements, their occurrence and the methods used in different repair methods.

As the sources for the thesis were Ratu- and Rt-cards, literature, repair reports and work instructions made by the manufacturers of the products used in repairs. Also information for the thesis was gained by interviewing experts who design and make indoor air problem repairs and carpet covering with different methods.

As a result of the thesis a package was made which gives information about different repair methods and also appendices for tender documents, which inform on the course of different methods and required damp measurements. The instructions in the thesis can also be partly used in new constructions.

Keywords: humidity damages, indoor air, renovation

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn tausta	9
1.2 Työn tavoite	9
1.3 Työn rajaukset.....	10
2 TEORIAA JA TAUSTATIETOA	11
2.1 Sisäilma ja sisäilmasto	11
2.2 Suomessa sisäilmaston laatua ohjaavat lait, asetukset ja ohjeistukset.....	12
2.3 Sisäilmastoluokitus 2008.....	13
2.4 Sisäilmaongelmat ja niiden aiheuttajat	18
2.4.1 VOC-yhdisteet ja -päästöt ja niiden tutkiminen	20
2.4.2 2-etyyliheksanoli	23
2.4.3 TXIB	24
2.5 Huonolaatuisen sisäilman sekä kosteus- ja homevaurioiden aiheuttamat kustannukset Suomessa	25
3 SISÄILMAONGELMIEN KORJAUKSET	26
3.1 Korjaukset yleisesti	26
3.2 Kemiallisesti hajoavan mattopäällysteen vaihtaminen	28
3.2.1 Pölyn ja muiden epäpuhtauksien leviämisen estäminen	28
3.2.2 Kosteudenhallintasuunnitelma ja työmaan olosuhteet	30
3.2.3 Betonilaatan kapselointi	32
3.2.4 Betonilaatan lämmitys ja tuuletus.....	37
3.2.5 Betonilaatan purku ja uusiminen	39
3.2.6 Maton liimaaminen.....	40
3.3 Työturvallisuus	42
3.3.1 Työturvallisuus yleisesti	42

3.3.2	Haitta-aineiden huomioiminen.....	43
3.4	Sisäilmaongelmien korjauksien esimerkkikohde Nahkurin päiväkot.....	43
3.4.1	Alapohjan korjaustoimenpiteet	45
3.4.2	Seinien korjaustoimenpiteet	45
3.4.3	Yläpohjan korjaustoimenpiteet	45
3.4.4	Muuta mainittavaa.....	46
4	KOSTEUSMITTAUKSET	47
4.1	Kosteusmittaukset yleisesti	47
4.2	Mittaussyvyyden määrittäminen	49
4.3	Kosteusmittaukset eri korjausmenetelmien yhteydessä.....	50
4.4	Kosteusmittausten dokumentointi	52
5	YHTEENVETO.....	54
	LÄHTEET	55
	LIITTEET	60

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Sisäilmastoluokituksen rakenne.....	14
Kuvio 2. Kosteuden lähteitä.	19
Kuvio 3. Esimerkkidetali seinä-lattialiittymän tiivistyksestä.....	34
Kuvio 4. Näytepalamenetelmä.	47
Kuvio 5. Porareikämenetelmä.....	48
Kuvio 6. Mittaussyvyuden määrittäminen tyypillisimmissä rakenteissa.	49
Kuvio 7. Päälysteen alapuolella olevan suhteellisen kosteuden mittaaminen	52
Kuvio 8. Esimerkki mittausraportista	53
Taulukko 1. Sisäilman orgaaniset yhdisteet.....	20
Taulukko 2. Ohjeelliset raja-arvot päälystettävyydelle.....	51

Käytetyt termit ja lyhenteet

2-etyyliheksanoli	Eräs kosteusvaurioihin ja sisäilmaongelmiin yhdistetty haihtuva orgaaninen yhdiste.
Alipaineistaminen	Korjaustöissä käytettävä tapa estää rakennuspölyn ym. epäpuhtauksien leviäminen korjattavien tilojen ulkopuolelle.
Alkalinen kosteus	Päällystemateriaalien vaurioita aiheuttava, betonin emäksisyydestä (korkea pH) aiheutuva kosteus.
Emissio	Materiaalin pinnasta tapahtuva kemiallisten yhdisteiden haihtumisilmiö.
Epoksi, epoksihartsi	Betonilaatan kapseloimiseen käytettävä tuote.
FLEC	Field and laboratory emission cell, rakennusmateriaalien emissioiden tutkimiseen käytetty menetelmä.
Kapselointi	Eräs sisäilmaongelmien korjauksissa käytetty menetelmä mikrobien ja muiden epäpuhtauksien sisäilmaan pääsyn estämiseksi.

Kosteudenhallintasuunnitelma

	Rakennustyömaille laadittava suunnitelma kosteusvaurioiden ehkäisemiseksi.
Osastointi	Korjattavan tilan eristäminen ilmastollisesti muista tiloista.
Rakennekosteus	Rakennusaikana tai ennen sitä rakenteisiin tai rakennusaineisiin joutuva kosteus, jonka on poistuttava.
Ratu-kortisto	Rakennustieto Oy:n julkaisema ja ylläpitämä tietokanta tuotannonsuunniteluun.

RT-kortisto	Rakennustieto Oy:n julkaisema ja ylläpitämä kortistomuotoinen tietokanta rakennusalaan liittyvistä ohjeista ja säädöksistä.
Suhteellinen kosteus RH	Relative humidity, prosentteina ilmaistava ilmassa olevan vesihöyrynpaineen suhde kyllästyspaineeseen kyseisessä lämpötilassa.
TVOC	Total volatile organic compounds, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus.
TXIB	Eräs kosteusvaurioihin ja sisäilmaongelmiin yhdistetty haihtuva orgaaninen yhdiste.
VOC-yhdisteet	Volatile organic compounds, pääasiassa rakennus- ja sisustusmateriaaleista sekä kalusteista peräisin olevia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tämä opinnäytetyö on tehty Kokkolan kaupungin teknisen palvelukeskuksen tila- palvelun hanketoimiston tilauksesta. Hanketoimisto vastaa kaupungin tarvitsemi- en, kokonaiskustannuksiltaan yli 10 000 euroa olevien toimitilojen ja kiinteistöjen suunnittelusta, rakennuttamisesta ja rakentamisesta sekä niihin liittyvästä ohjel- moinnista. Hanketoimiston henkilökuntaan kuuluu tällä hetkellä 12 henkilöä.

Opinnäytetyön aihe syntyi tarpeesta oppaalle, joka toimisi pääasiassa sisäilmaon- gelmien korjauksissa tehtävien tiivistys- ja mattotöiden laadunvarmistuksen pohja- na niin rakennuttajan kuin urakoitsijoidenkin puolella. Kokkolan kaupungin korja- uskohteissa on usein sisäilmaan liittyviä ongelmia, joissa yhtenä ongelman aiheut- tajana on betonilaatalle asennetun maton ja liiman kemiallisen hajoamisen aiheut- tamat emissiot.

Kokkolan kaupungin vuoden 2013 budjetissa talonrakennuksen määrärahat olivat yhteensä 12 630 000 €, josta sisäilmaongelmien korjauksiin liittyviin kohteisiin oli varattu noin 9 170 000 € eli hieman alle 73 %.

1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli aikaansaada laadunvarmistusopas, jonka perusteel- la lattiamaton vaihtaminen ja tiivistykset saadaan tehtyä onnistuneesti riippumatta käytettävästä menetelmästä. Tavoitteena oli perustellen kertoa minkä vuoksi me- netelmien työvaiheet tehdään tietyllä tavalla.

Lisäksi tavoitteena oli, että ohjeistuksen pohjalta urakoitsijat

- osaavat kiinnittää erityistä huomiota virhealttiin työvaiheisiin
- osaavat varautua rakennuttajan tekemiin tarkistuksiin eri työvaiheissa
- ymmärtävät kosteusmittausten osalta niiden tärkeyden ja oikean mittaus- ajankohdan

- ymmärtävät päällystettävyyttä arvioitaessa raja-arvojen noudattamisen tärkeyden.

Rakennuttajan / tilaajan puolella tavoitteena oli, että oppaan perusteella rakennuttaja / tilaaja

- osaa tehdä tarkastuksia tärkeimmissä työvaiheissa ja tarvittaessa vaatii työvaiheen tekemistä uudelleen
- vaatii urakkasopimuksessa sekä työn- että takuunaikaisten kosteusmittausten suorittamisen ja dokumentoinnin
- vaatii oikeuden työnaikaisten kosteusmittausten mittauspöytäkirjojen hyväksymiseen ennen seuraaviin työvaiheisiin siirtymistä.

Lisäksi ajatuksena oli tehdä työn pohjalta tarjouspyyntöihin muutaman sivun mittainen liite, joka selvittää urakoitsijalle korjaustyöhön liittyviä odotuksia, vaatimuksia ja menettelytapoja.

1.3 Työn rajaukset

Oppaan sisältö rajattiin betonilaatalle tehtäviin lattiamattojen vaihtamisiin. Oppaassa käsitellään kolme eri korjausvaihtoehtoa: kapselointi, lämmitys ja tuuletus sekä purku ja uusiminen. Vaihtoehtoista kaksi ensimmäistä on vanhan laatan käsittelyyn liittyviä ja kolmas perustuu vanhan purkuun ja uuden rakentamiseen.

Työssä käsitellään lisäksi eri vaihtoehtoissa tehtävät seinä-lattialiittymien ja lattia-tason läpivientien tiivistykset sekä myös eri työvaiheiden työturvallisuusasiat ja kosteusmittaukset.

Koska työ on tehty erityisesti sisäilmaongelmien korjauksia varten, huomiota on kiinnitetty enemmän materiaalien yhteensopivuuteen, tiivistyksiin ja virheiden välttämiseen kosteudenhallinnassa kuin esimerkiksi varsinaisen mekaanisen työn suorittamiseen muutoin kuin työturvallisuuden osalta.

2 TEORIAA JA TAUSTATIETOA

2.1 Sisäilma ja sisäilmasto

Sisäilma on sisällä hengitettävää ilmaa, jossa saattaa ilman perusosien lisäksi olla eri lähteistä peräisin olevia hiukkas- ja kaasumaisia epäpuhtauksia. Hyvän sisäilman määritelmänä on rakennuksen käyttäjien suurimman osan tyytyväisyys sisäilman laatuun ja se, etteivät sisäilman haittatekijät aiheuta vaaraa terveydelle. Sisäilman laatuun vaikuttavat erilaiset laitteet, kuten lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet, rakennusaikaiset asiat, kuten rakennustekniikka, itse rakennustöiden suorittaminen ja käytetyt materiaalit sekä rakennuksen käyttö ja kunnossapito. Terveellinen sisäilma on hajutonta, pölytöntä, vedotonta, melutonta ja lämpötilaltaan miellyttävää. (Ratu 437-T 2009, 2; Sisäilmaopas 2011, 3; Sisäilmayhdistys ry, [Viitattu 12.3.2013].)

Sisäilmasto muodostuu sisäilmasta ja siihen vaikuttavista fysikaalisista tekijöistä, kuten muun muassa sisäilman kaasumaisista yhdisteistä, hiukkasmaisista epäpuhtauksista, lämpötilasta, kosteudesta ja ilman liikkeestä. Sisäilmasto on hyvä silloin, jos rakennuksen käyttäjillä ei ole rakennukseen liittyviä oireita. Rakennukset sisäilmaston laatua voidaan tutkia käyttäjiin kohdistuvilla kyselytutkimuksilla. (Sisäilmaopas 2011, 3; Sisäilmayhdistys ry 2008a.)

Sisäilman **laadun merkitys** on niin terveyden kuin viihtyisyydenkin kannalta erittäin suuri. Ihminen viettää sisätiloissa keskimäärin lähes 90 % ajastaan ja valtaosa ihmisen vuorokaudessa hengittämästä 15 kuutiometristä ilmaa on sisäilmaa. Huono sisäilma heikentää työtehoa sekä viihtyisyyttä ja huonon sisäilman epäpuhtauksista voi olla seurauksena aiheutuneet tai pahentuneet allergia- ja ärsytysoireet tai keuhkosairaudet. (Sisäilmaopas 2011, 3; Sisäilmayhdistys ry 2008a.)

2.2 Suomessa sisäilmaston laatua ohjaavat lait, asetukset ja ohjeistukset

Sisäilmaston laatua on Suomessa käsitelty muutamissa laissa, asetuksissa ja ohjeistuksissa. Velvoittavia lakeja ovat esimerkiksi seuraavat:

Maankäyttö- ja rakennuslaki §117:

”Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien, säteilyn, veden tai maapohjan pilaantumisen, savun, jäteveden tai jätteen puutteellisen käsittelyn taikka rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi.” (L 21.12.2012/958.)

”Rakentamisessa on käytettävä tuotteita, joista ei niiden suunnitellun käyttöiän aikana aiheudu sisäilmaan, talousveteen eikä ympäristöön sellaisia päästöjä, joita ei voida pitää hyväksyttävinä. Rakennuksen järjestelmien ja laitteistojen on sovelluttava tarkoitukseensa ja ylläpidettävä terveellisiä olosuhteita.” (L 21.12.2012/958.)

”Korjaus- ja muutostyössä tulee ottaa huomioon rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet sekä rakennuksen soveltuvuus aiottuun käyttöön. Muutosten johdosta rakennuksen käyttäjien turvallisuus ei saa vaarantua eivätkä heidän terveydelliset olonsa heikentyä.” (L 5.2.1999/132.)

Maankäyttö- ja rakennusasetus §50, kohta 3:

”Rakennuksesta ei saa aiheutua hygienian tai terveyden vaarantumista syistä, jotka liittyvät erityisesti myrkyllisiä kaasuja sisältäviin päästöihin, ilmassa oleviin vaarallisiin hiukkasiin tai kaasuihin, vaaralliseen säteilyyn, veden tai maapohjan saastumiseen tai myrkyttymiseen, jäteveden, savun taikka kiinteän tai nestemäisen jätteen puutteelliseen käsittelyyn taikka rakennuksen osien tai sisäpintojen kosteuteen.” (A 10.9.1999/895.)

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2, luku 2:

”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja.” (RakMK D2 2003.)

Työturvallisuuslaki §37:

”Työpaikalla, jossa esiintyy ilman epäpuhtauksia, kuten pölyä, savua, kaasua tai höyryä työntekijää vahingoittavassa tai häiritsevässä määrin, on niiden leviäminen mahdollisuuksien mukaan estettävä eristämällä epäpuhtauden lähde tai sijoittamalla se suljettuun tilaan tai laitteeseen. Ilman epäpuhtaudet on riittävässä määrin koottava ja poistettava tarkoituksenmukaisen ilmanvaihdon avulla.” (L 23.8.2002/738.)

Lisäksi sisäilmaston laatua käsitellään Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisemassa Asumisterveysohjeessa ja seuraavassa kappaleessa käsiteltävässä Sisäilmastoluokitus 2008:ssa.

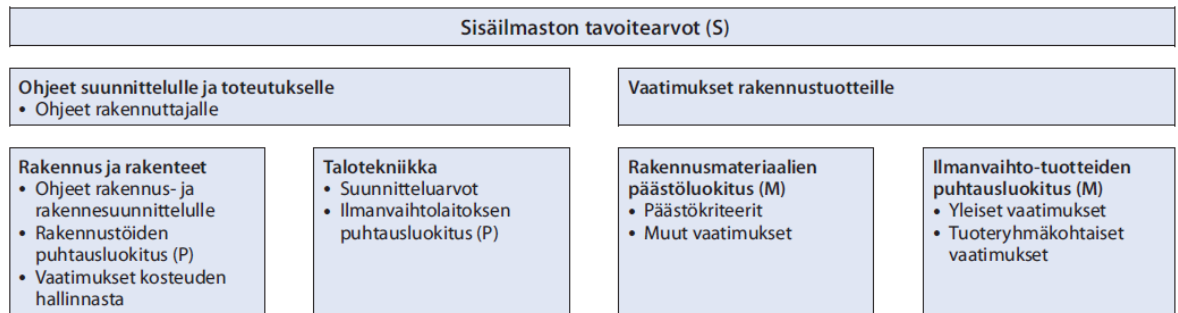
2.3 Sisäilmastoluokitus 2008

Sisäilmastoluokitus on Sisäilmayhdistys ry:n luoma järjestelmä sisäilmaston hyvän laadun saavuttamiseksi. Vuonna 1995 ilmestynyt *Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus* vaihtoi nimensä *Sisäilmastoluokitus 2000*:ksi vuonna 2001. Uusin painos on vuoden 2008 lopussa julkaistu *Sisäilmastoluokitus 2008*. (Ratu 437-T 2009, 3.)

Sisäilmastoluokitus ei ole sidoksissa määräyksiin tai lakeihin, vaan sen käyttö on vapaaehtoista. Luokitus on kuitenkin laajasti käytössä, sitä käytetään pohjana lähes kaikessa toimitilarakentamisessa. Sisäilmaluokituksen käytöstä on paljon käytökokemusta ja sen tavoitteita käyttämällä ja ohjeita noudattamalla on osoitetusti saatu parannettua ilman laatua. (Ratu 437-T 2009, 2; Sisäilmayhdistys ry, [Viitattu: 15.3.2013].)

Sisäilmastoluokitusta käytetään rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden apuna entistä viihtyisämpiä ja terveellisempiä rakennuksia rakennettaessa. Luokitusta voidaan käyttää uudisrakentamisen

lisäksi soveltuvin osin myös korjausrakentamisessa. Luokituksen rakenne selviää parhaiten kuvioista 1. (Ratu 437-T 2009, 1.)



Kuvio 1. Sisäilmastoluokituksen rakenne.
(Ratu 437-T 2009, 3.)

Sisäilmastoluokitus koostuu kolmesta luvusta. Ensimmäinen luku on **Sisäilmaston tavoitearvot**. Luvussa on käsitelty eri sisäilmastoluokkien lämpöarvoja, ilman epäpuhtauksia sekä ääni- ja valaistusolosuhteita. Toinen luku, **Suunnittelu- ja toteutusohjeet**, sisältää eri vaiheissa noudatettavia periaatteita ja menettelytapoja. Ohjeistus on lähinnä rakennus- ja LVI-urakoitsijoille, mutta sisältää myös suunnitteluun, laitevalmistukseen ja käyttöön kohdistuvia vaatimuksia. Kolmannen luvun, **Vaatimukset rakennustuotteille**, tarkoituksena on edistää vähäpäästöisten ja puhtaiden rakennusmateriaalien ja ilmanvaihtotuotteiden kehittämistä ja käyttöä. Rakennusmateriaalien osalta sisäilmastoluokitus käsittelee lähinnä niiden kemiallisten päästöjen raja-arvoja. Ilmanvaihtotuotteista esitetään puhtausluokitus ja eri luokitusten vaatimukset sekä yksityiskohtaisia vaatimuksia joillekin järjestelmän osille. (Ratu 437-T 2009, 3.)

Sisäilmastoluokituksen tavoitteet, vaatimukset ja ohjeet huomioidaan hankkeen jokaisessa vaiheessa. Hankkeen alkuvaiheessa valitaan sisäilmaston tavoitearvot rakennuttajan ja suunnittelijoiden toimesta. Tavoitearvot voidaan ottaa joko kokonaan yhdestä luokasta tai tarpeen ja ominaisuuksien mukaan arvoiksi voidaan ottaa myös erikseen harkittuja arvoja. Sisäilmastotavoitteet on tärkeä kirjata ylös ja saattaa kaikkien suunnittelijoiden tietoon. Jokainen suunnittelija vastaa osa-alueestaan siten, että suunnittelijan vastuulla on tavoitteiden ja niiden perusteella tehtyjen ratkaisujen esittäminen asiakirjoissa. Pääsuunnittelijan vastuulla on asiakirjojen ristiriidattomuus. (Ratu 437-T 2009, 3.)

Sisäilmastoluokituksen tavoitearvoihin kuuluu kolme luokkaa; S1, S2 ja S3.

Luokkien määritelmät ovat:

S1: Yksilöllinen sisäilmasto. *"Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus."* (Ratu 437-T 2009, 4.)

S2: Hyvä sisäilmasto. *"Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet."* (Ratu 437-T 2009, 4.)

S3: Tyydyttävä sisäilmasto. *"Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset."* (Ratu 437-T 2009, 4.)

Eri luokkien tavoitteisiin pääsy ei periaatteessa edellytä käyttämään mitään tiettyä teknistä ratkaisua. Suomessa kuitenkin ilmaston ja nykyisten sisäisten lämpökuormien vuoksi luokan S1 saavuttaminen vaatii käytännössä koneellista jäähdytystä ja huonekohtaista lämpötilan säätöä. Luokan S2 arvoihin on mahdollista päästä ilman koneellista jäähdytystä, mutta se edellyttää taitavaa rakennussuunnittelua. Luokkaan S3 kuuluvan rakennuksen huonelämpötilat voivat auringon säteilyn ja muiden lämpökuormien vaikutuksesta nousta lämpimällä säällä korkeiksi. (Ratu 437-T 2009, 3.)

Tavoitteiden asettamisen jälkeen suunnittelijat kuvaavat teknisiä ratkaisuja tavoitteisiin pääsemiseksi. Rakennustöiden suunnittelua ja ohjausta varten valitaan puhtausluokat rakennustöille ja ilmanvaihtojärjestelmille. Samoin rakennusmateriaalien valintaa varten valitaan rakennusmateriaalien päästöluokka ja ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokka. (Ratu 437-T 2009, 3.)

Rakennustöiden puhtausluokituksen (P1, P2) tavoitteena on varmistaa tilojen puhtaus rakennusvaiheessa ja estää rakennusvaiheesta peräisin olevien epäpuh-

tauksien pääsy sisäilmaan rakennuksen käytön aikana. Tilojen puhtauden tulee luovutusvaiheessa olla sellainen, että ne voidaan ottaa käyttöön heti vastaanottamisen jälkeen. Luokan P1 toteutusohjeissa otetaan kantaa

- rakennustarvikkeiden kuljetukseen, varastointiin ja suojaukseen
- toimintakoevalmiudessa olevien tilojen osastointiin
- tilojen siivoukseen
- luokituksesta tiedottamiseen ja koulutukseen. (Ratu 437-T 2009, 10 - 12.)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksessa (P1, P2) tavoitteena on varmistaa ilmanvaihtojärjestelmän läpi sisäilmaan kulkeutuvan tuloilman hyvä laatu. Hyvänlaatuinen tuloilma ei sisällä ilmanvaihtojärjestelmästä peräisin olevia hajuja tai terveyttä tai viihtyisyyttä huonontavia aineita, kuten mikrobeja, kuituja tai hiukkasia. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausvaatimuksissa käsitellään

- ilmanvaihtojärjestelmän kokoonpanoa
- suunnittelussa ja toteutuksessa huomioon otettavia erityisvaatimuksia (esimerkiksi eri osien, kuten muun muassa säätö- ja mittalaitteiden ja äänenvaimentimien suhteen)
- varastointia ja asennustekniikoita
- ilmanvaihtojärjestelmän rakennusaikaista käyttöä
- ilmanvaihtojärjestelmän käyttö- ja huolto-ohjeita. (Ratu 437-T 2009, 15 - 17.)

Lisäksi puhtausluokitukseen kuuluu myös myöhemmin käsiteltävä ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus (M) (Ratu 437-T 2009, 18).

Käytännössä kaikki hanketoimiston mattotöitä sisältävät kohteet ovat sisäilmastoluokaltaan S2, jolloin rakennustöiden sekä ilmanvaihdon puhtausluokitus on P1. Luokan P1 määritelmä on:

Luokka P1: Työ- ja asuinitilat, joissa pyritään sisäilmastoluokan S1 tai S2 mukaiseen hyvään sisäilman laatuun. *”Rakennuksen tulee olla puhdas ennen kuin ilmanvaihdon päätelaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja toimintakokeet aloittaa. Tällöin pinnoilla ei saa olla hienojakoista irtolikaa (esim. puu-, betoni- tai kipsipölyä), joka voi nousta ilmaan kosketuksen tai ilmavirtojen mukana. Tiloissa ei saa säilyttää rakennusmateriaaleja tai jätteitä, jotka estävät pintojen puhdistamista. Pintoja suojaavat muovit ja pahvit on poistettu. Tämän vai-*

heen jälkeen tiloissa voidaan ilman erityistoimia tehdä vain pölyämättömiä töitä, esim. paikkamaalauksia, alakattojen asennusta, ilmanvaihdon toimintakokeita, säätöä ja viritystä sekä loppusiivous. Luovutusvaiheessa pinnoilla ei saa olla näkyvää likaa, kuten roskia, irtolikaa (ml. pölyä), kiinnittynyttä likaa tai tahroja.” (Ratu 437-T 2009, 11.)

Lisäksi luokan S1 tai S2 tiloissa tulee rakennusmateriaaleina käyttää pääasiassa luokan M1 materiaaleja (Ratu 437-T 2009, 10).

Huoneilman kemikaalipitoisuus määräytyy rakennus- ja sisustusmateriaalien kokonaispäästöjen ja ilmanvaihdon perusteella. Matalapäästöisten rakennusmateriaalien käyttö on ensisijainen tapa huoneen kemikaalipitoisuutta alennettaessa. Toissijaisena tapana käytetään ilmanvaihdon lisäämistä ja tehostamista. **Rakennusmateriaalien päästöluokituksessa** tavoitteena on aikaansaada se, ettei rakennusmateriaalien vuoksi tarvitse lisätä rakennuksen ilmanvaihtoa. Päästöluokituksessa on hyvän sisäilman laadun kannalta vaatimukset tavallisimmille työ- ja asuintiloissa käytettäville materiaaleille. Luokitus on kolmiportainen, M1, M2 ja M3, joista M1-luokan materiaalit ovat vähäpäästöisimpiä ja M3-luokan tuotteet suuripäästöisimpiä. Yhdistelmämaterialleissa luokitus menee huonomman luokituksen mukaan, jos ei ole toisin osoitettu. (Ratu 437-T 2009, 17.)

Pelkästään matalapäästöisiä materiaaleja käyttämällä ei voida taata hyvää sisäilman laatua. Huomioon on otettava myös ilmanvaihdon sekä tuotteiden oikean käytön merkitys. Esimerkiksi monet tuotteet eivät kestä kosteutta tai kiinnittämistä kostealle alustalle. (Ratu 437-T 2009, 17.)

Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokituksessa (M) käytetään vain yhtä luokkaa, eli tuote on joko puhtausluokiteltu tai sitten ei. Luokitus täydentää edellä mainittua ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitusta (P). (Ratu 437-T 2009, 18.)

Yleisten vaatimusten mukaan puhtausluokituksen saanut tuote ei saa lisätä terveydelle tai viihtyisyydelle haitallisia epäpuhtauksia ilmanvaihtojärjestelmässä tai tuloilmassa eikä tuottaa tuloilman laatua huonontavia hajuja tai epäpuhtauksia. Lisäksi puhtausluokituksen saanut tuote on oltava helposti puhdistettavissa. (Ratu 437-T 2009, 18.)

Yleisten vaatimusten lisäksi joillekin ilmanvaihtojärjestelmän osille on tuotekohtaiset vaatimukset, jotka täyttämällä tuotteen katsotaan täyttävän myös yleiset vaatimukset. Tällaisia osia ovat kanavat ja niiden osat, säätö- ja palopellit, äänenvaimentimet ja suodattimet. Tapauskohtaisesti osien on mahdollista täyttää puhtausluokituksen vaatimukset myös muuten kuin Sisäilmaopas 2008:n tuotekohtaisilla ratkaisulla. (Ratu 437-T 2009, 18.)

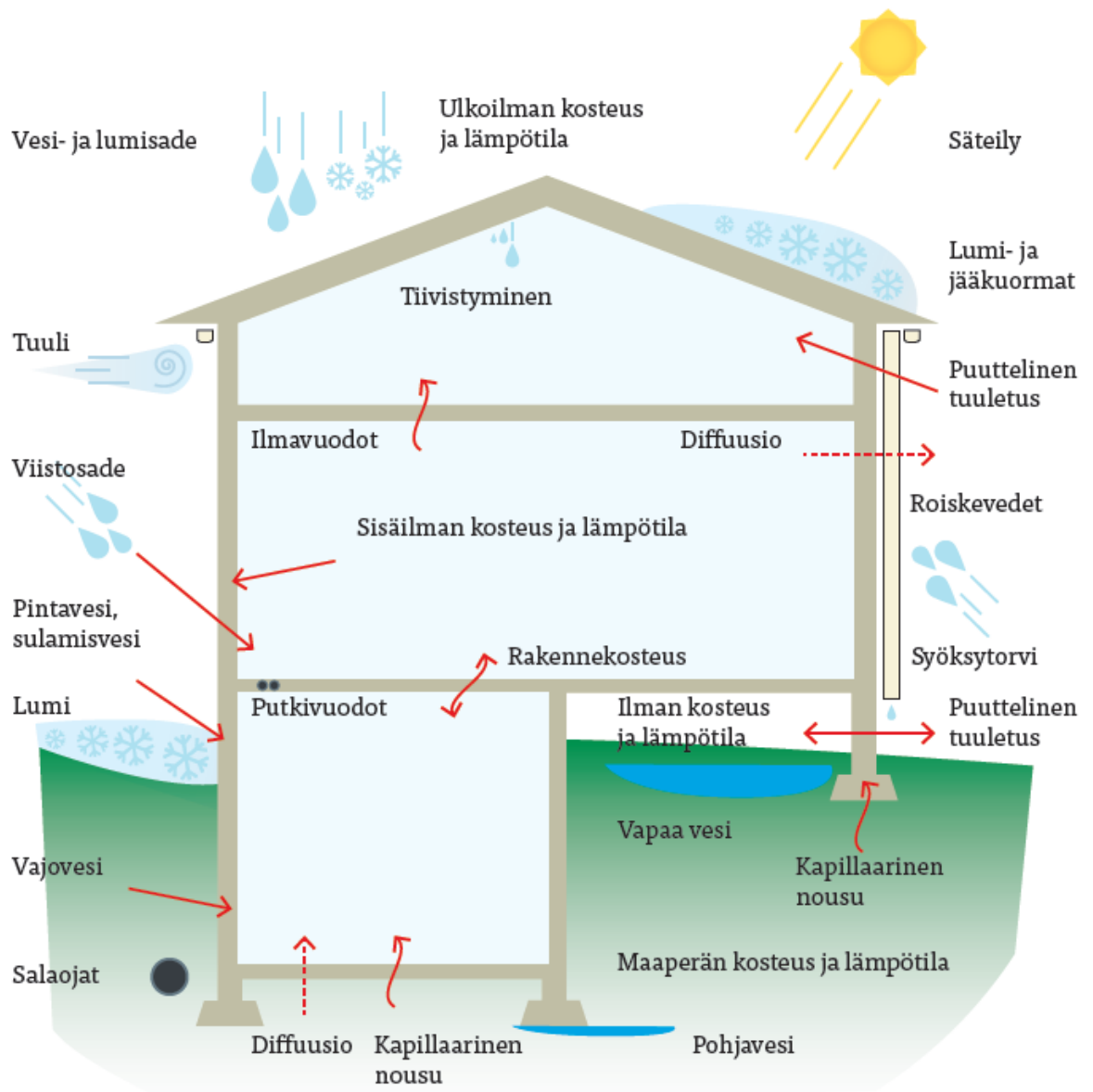
2.4 Sisäilmaongelmat ja niiden aiheuttajat

Sisäilmaongelmat huomataan usein oireiluna, kuten muun muassa allergiaoireina, silmien, nenän tai kurkun kirvelynä, nenän tukkoisuutena tai päänsärkynä. Sisäilmaongelmista saattaa olla seurauksena myös jokin sairaus, kuten muun muassa hengitystieinfektiot, astma tai keuhkosityöpä. Viihtyisyyshaittoiksi luokiteltavat sisäilmaongelmat ovat haju, melu sekä epämiellyttävä valo. (Sisäilmayhdistys ry 2008b.)

Sisäilmaongelmille on monia eri aiheuttajia, joista yksi on rakennusta rasittavista **kosteuslähteistä** (kuvio 2) **johtuvat kosteus- ja homevauriot**. Seurauksena näistä vaurioista on usein hajuhaittoja, kuten tunkkaisuutta ja homeen hajua, materiaalivaurioita, esimerkiksi maalin hilseilyä tai kupruilua, pintojen värimuutoksia tai rakennuslevyn turpoamista. Joissain tapauksissa voi materiaalin pinnalla olla näkyvää homekasvustoa. (Sisäilmaopas 2011, 4 - 5, 11; Sisäilmayhdistys ry 2008b.)

Yleisimpiä syitä kosteusvaurioihin ovat

- riskialttiit suunnitteluratkaisut
- puutteet työmaan kosteudenhallinnassa
- virheet työmaan toteutuksissa
- laiminlyönnit kunnossapidossa
- rakenteiden luonnollinen kuluminen tai vaurioituminen elinkaarensa päässä. (Reijula, K ym. 2012, 69.)



Kuvio 2. Kosteuden lähteitä.
(Sisäilmaopas 2011, 5)

Ilmanvaihdon ongelmista aiheutuu usein tunkkaisuutta ja hajuhaittoja, joiden seurauksena on usein päänsärkyä, huonoa oloa ja väsymystä. Ilmanvaihdon ongelmia ovat esimerkiksi ilmankierron häiriöitä aiheuttavat seikat, kuten väliovien tiiviys tai tuloilmaventtiilien puuttuminen. Ilmanvaihdon ongelmat ovat yleisiä sisäilmaongelmaisissa kohteissa. (Sisäilmaopas 2011, 6.)

Ilmanvaihto alipaineistaa sisäilman ulkoilmaan nähden lähes aina, minkä seurauksena rakennuksessa on ilmavuotoja. Mitä alipaineisempi sisäilma on, sitä enemmän sisäilmaan tulee ilmavuotojen kautta epäpuhtauksia rakenteista ja maaperäs-

tä. Ilmavuotoja voidaan hyvin ehkäistä tasapainoon säädetyllä tulo- ja poistoilmanvaihdolla varustetulla järjestelmällä. (Asikainen, V & Peltola, S 2008, 55.)

Hajuhaittoja ja tunkkaisuutta aiheuttavat myös sisäilman **kaasumaisista epäpuh-
tauksista** VOC-yhdisteet (tarkemmin kappaleessa 2.4.1). Hajuttomia, sisäilmassa olevia kaasuja ovat esimerkiksi hiilimonoksidi ja radon. (Sisäilmaopas 2011, 8 - 9.)

Muita sisäilmaongelmia korostavia asioita ovat esimerkiksi sisäilmaston olo-
suhteet, kuten väärä lämpötila tai ilmankosteus, kylmistä pinnoista ja tuloilman
suuresta sisäänpuhallusnopeudesta johtuvat vedon tunteet. Luonnollisesti myös
tupakansavulla on sisäilman laatua huonontava vaikutus. (Sisäilmaopas 2011, 6, 8
- 9.)

2.4.1 VOC-yhdisteet ja -päästöt ja niiden tutkiminen

VOC-yhdisteillä (volatile organic compounds), tarkoitetaan haihtuvia orgaani-
sia yhdisteitä. VOC-pitoisuudella kuvataan sisäilmassa olevien kemiallisten ainei-
den kokonaismäärää. VOC-yhdisteisiin kuuluu myös muita yhdisteitä, jotka jaotel-
laan niiden kiehumispisteen mukaan (taulukko 1). VOC-yhdisteitä on satoja ja tyy-
pillisiä niiden aiheuttamia oireita ovat muun muassa silmien ja limakalvojen ärsy-
tysoireet ja päänsärky. (Asumisterveysopas 2009, 136; Hengityслиitto ry, [Viitattu
14.3.2013].)

Taulukko 1. Sisäilman orgaaniset yhdisteet.
(Asumisterveysopas 2009, 136)

Ryhmä (engl. lyhenne)	Ryhmä	Kiehumispiste, °C
VVOC	erittäin haihtuvat yhdisteet	>0...50-100
VOC	haihtuvat yhdisteet	50-100...240-260
SVOC	puolihaihtuvat yhdisteet	240-260...380-400
POM	hiukkasiin sitoutuneet yhdisteet	>380

VOC-yhdisteiden päästölähteitä ovat sisäilmassa rakennus- ja sisustusmateriaa-
lit, joissain tapauksissa kosteus- ja mikrobivauriot (homeet, hiivat ja sädesienet)
sekä kalusteet ja pesuaineet. Ulkoilman päästöjä aiheuttavat esimerkiksi liikenteen
pakokaasut ja teollisuuden liuotinpäästöt. Merkittävimmät päästöt tulevat yleensä
rakennusmateriaaleista. Rakennusmateriaalien päästöt aiheutuvat raaka-aine- ja

liuotinjäätymistä sekä valmistusprosessien reaktio- ja hajoamistuotteista. Joidenkin rakennusmateriaalien ominaisuutena on päästöjen kasvaminen niiden kostuessa. Etenkin lattiarakenteet ovat alttiita tällaisille ongelmille. Kostumisen takia päästöjä kasvattavia materiaaleja ovat esimerkiksi lastulevy, valkuaisaineita sisältävät tasoteaineet, PVC-materiaalit ja vesiohenteiset maalit. (Hengitysliitto ry, [Viitattu 14.3.2013]; Järnström 2005, 17; Ositum Oy, [Viitattu 15.3.2013].)

VOC-yhdisteiden pitoisuus ilmoitetaan termillä TVOC (total volatile organic compounds), mikä tarkoittaa kaikkia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Pitoisuus ilmoitetaan yksikkönä $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (massa / tilavuus). TVOC-mittaustulosta ei voi epätarkkuuden vuoksi yleensä käyttää suoraan terveyshaitan arvioinnissa, mutta kohonneen arvon ($>600 \mu\text{g}/\text{m}^3$) perusteella sisäilma sisältää epätavallisen paljon kemiallisia aineita ja näin ollen lisätutkimuksia tulisi tehdä. Normaalina TVOC-pitoisuutena voidaan pitää arvoa 200 - 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. TVOC-pitoisuus on usein korkeimmillaan uudis- ja korjatuissa rakennuksissa. (Asumisterveysohje 2003, 56; Asumisterveysopas 2009, 136; Ositum Oy, [Viitattu: 15.3.2013].)

Sisäilman VOC-pitoisuutta tutkittaessa tarvitaan yleensä laboratoriotutkimus. Tutkimuksessa kohteesta otetaan ilmanäyte joko lyhyt- tai pitkäaikaisella näytteenottotavalla. Lyhytaikaisessa menetelmässä näyte kerätään pumpun avulla ja pitkäaikaisessa ns. passiivikeräimellä. Näytteenoton kesto on lyhytaikaisella tavalla useita 25 minuutista tunteihin ja pitkäaikaisella tavalla muutamia viikkoja. Näytteen koko on 4 - 15 litraa ja se kerätään esimerkiksi Tenax-hartsiputkeen pumpulla. Näyte analysoidaan laboratoriossa. (Asumisterveysopas 2009, 138; Ositum Oy, [Viitattu: 1.3.2013].)

Sisäilmanäyte voidaan kerätä myös pumppaamalla aktiivihiihiputkeen, jolloin näytteen koko on 100 - 200 litraa. Hiihiputkimenelmällä havaitaan paremmin matalassa lämpötilassa kiehuvat yhdisteet, joita ovat esimerkiksi monet liikenneperäiset yhdisteet, joten menetelmällä voidaan täydentää Tenax-menetelmällä kerättyjä näytteitä. Eri keräysmenetelmillä saadut näytteet eivät kuitenkaan ole suoraan vertailukelpoisia. (Asumisterveysopas 2009, 138 - 139.)

Uusintanäytteiden ottaminen lisää tutkimustuloksen luotettavuutta. VOC-pitoisuutta voidaan mitata myös suoraan luettavilla mittareilla, mutta mittareiden

korkean havaitsemisrajan vuoksi niillä havaitaan vain korkeita pitoisuuksia. (Asumisterveysopas 2009, 137 - 138.)

Näytteen tutkimisessa ja johtopäätösten tekemisessä tulisi olla tiedossa kohteen niin sanotut normaalit arvot yksittäisten yhdisteiden osalta, jotta voidaan päätellä eri yhdisteiden pitoisuuksien kohonneisuutta. Tutkimuksessa on huomioitava myös olosuhde-erot, kuten vuoden- ja vuorokaudenajan vaihtelu. Eri laboratorioiden määrittämät pitoisuuden ovat harvoin vertailukelpoisia, sillä esimerkiksi laboratorioiden käyttämässä analytiikassa on eroja. (Asumisterveysopas 2009, 138.)

Materiaaliemissioita on kahdenlaisia, primääri- ja sekundaariemissioita. Primääriemissioilla tarkoitetaan uuden materiaalin ominaisemissiota ja sekundaariemissiolla jonkin ulkopuolisen tekijän aiheuttamaa, materiaalin yhdisteiden hajoamisen aiheuttamaa emissiota. Lattiapinnoitteiden ja liimojen kemiallisen hajoamisen aiheuttaman emission ovat hyvä esimerkki sekundaariemissioista. Primääriemissiot ovat suhteellisen lyhytaikaisia, ja ne putoavat uusissa materiaaleissa melko nopeasti. Sekundaariemissiot taas ovat suhteellisen tasaisia ja pitkäaikaisia, jopa vuosia kestäviä emissioita. Emissiot ilmoitetaan joko yksikkönä $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ (massa / pinta-ala*aika) tai mg/kg (massa / massa). (Järnström 2005, 16, 18.)

Yksittäisten rakennus- ja sisustusmateriaalien, kuten esimerkiksi lattiapinnoitteiden, seinäpäällysteiden ja betonin, **emissioita** voidaan tutkia muun muassa FLEC-tekniikalla (Field and Laboratory Emission Cell). Näytteenotossa FLEC-kammio tiivistetään tutkittavaa pintaa vasten, jonka jälkeen siihen kytketään ilmapirta. Ilmapirta voidaan säätää tiettyyn suhteelliseen kosteuteen. Varsinainen näyte kerätään FLECistä ulos tulevasta ilmasta tietyn tasapainotusajan jälkeen, jolloin emissionopeus on saavuttanut tasapainotilan. FLECillä otetut näytteet analysoidaan laboratoriossa. FLEC-tekniikka mahdollistaa emissioiden määrittämisen ilman materiaalin ottamista mukaan laboratorioon. (Järnström 2005, 33, Ositum Oy, [Viitattu: 1.3.2013].)

FLECin lisäksi materiaalien emissioita voidaan tutkia niin kutsutulla lasikupumennetelmällä sekä materiaalinäytteitä analysoimalla. Eri menetelmällä saadut tulokset eivät kuitenkaan ole keskenään suoraan vertailukelpoisia. Lasikupumennetelmällä saadut mittaustulokset ovat noin kaksinkertaiset verrattuna FLECillä saatuihin tu-

loksiin. Syynä tähän on lasikuvun suurempi näytteenottopinta-ala. FLECiä käytettäessä emissiomittauksilla on parempi toistettavuus, sillä lasikuvussa on todennäköisemmin vuotoilmareittejä reunojen alta. Kuitenkin sekä FLEC- että lasikupumetelmällä saatujen mittaustulosten yhdisteiden suhteet ja suuruusluokat ovat yhteisiä, joten molemmilla menetelmillä voidaan osoittaa lattiamateriaalin vaurioituminen. Materiaalien laboratorioanalyysissä taas osoitetaan lähinnä maton taustassa olevat päästöt sisäilmaan pääsevien emissioiden sijaan. (Huttunen 2013; Laitinen 2007, 10.)

2.4.2 2-etyyliheksanoli

2-etyyliheksanoli on eräs etenkin julkisissa rakennuksissa sisäilmaongelmia hometta useammin aiheuttava VOC-yhdiste. Muun muassa silmien, nenän ja kurkun ärsytysoireita aiheuttavan 2-etyyliheksanolin päästölähteitä ovat esimerkiksi kosteusvaurioituneet PVC-matot, vesiohenteiset maalit ja liimat sekä joissain tapauksissa mikrobikasvustot. Päästöjä aiheutuu myös uusista, vaurioitumattomista PVC-matoista ja niiden kiinnitykseen käytetyistä liimoista. (Härkönen 2012, 2; Ositum Oy, [Viitattu 4.3.2013]; Piippuri 2011.)

2-etyyliheksanolin hajukynnyksen ylityttyä se voidaan **aistia** makeahkona, imelänä hajuna. Rasvaliukoisena yhdisteenä 2-etyyliheksanoli kertyy elimistöön ja riittävästi kertyneenä se aiheuttaa edellä mainittuja oireita. Oireita aiheuttavana pitoisuutena pidetään kahta prosenttiyksikköä. Pitoisuus ja oireet vähenevät tiloista poistumisen jälkeen, 2-etyyliheksanolin täysi poistuminen kehosta vie noin 3 kuukautta. (Ositum Oy, [Viitattu: 4.3.2013].)

Lattiarakenteiden kosteusvauriotapauksissa **2-etyyliheksanolia vapautuu** yleensä PVC-mattojen pehmittimien ja liimojen ainesosien hajoamisen seurauksena. Hajoamista aiheuttaa normaalin kosteuden lisäksi myös alkalinen kosteus. Pehmittimien hajoamiselle on tyypillistä se, ettei hajoaminen (ja 2-etyyliheksanolipäästöt) lopu vaikka kosteuspitoisuus laskee, joten lattialaatan kosteuspitoisuus ei välttämättä ole koholla kun päällysteen vaurio havaitaan. 2-etyyliheksanolille on ominaista myös sen imeytyminen betonilaattaan, mitä kauemmin päästöjä on ollut, sitä syvemmälle laattaan ne ovat imeytyneet. Tämän vuoksi on tärkeää, että laat-

taan imeytyneet päästöt ja epäpuhtaudet joko poistetaan laatasta tai ne kapseloidaan siihen sisäilmaongelman uusiutumisen estämiseksi. (Ositum Oy, [Viitattu: 4.3.2013]; Ositum Oy, [Viitattu: 5.3.2013]; Työterveyslaitos 2011.)

Mikrobivauriotapauksissa vaurio on syntynyt rakennusvaiheessa betonin tai tasoitteen pintaan jääneeseen pölyyn ja epäpuhtauksiin, kuten kipsilevypölyyn. Tuoreen betonin emäksisyys ehkäisee mikrobivaurioiden syntymistä, mutta edellä mainitun alkalisen kosteuden aiheuttaman vaurion ehkäisemiseksi käytetty matala-alkalinen tasoite taas lisää tasoitekerroksen alttiutta mikrobikasvustolle. (Ositum Oy, [Viitattu 5.3.2013].)

Muutaman vuoden ikäisien asuntojen **normaalina 2-etyyliheksanolipitoisuutena** pidetään alle $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tutkimuksessa (Järnström 2005) on kuitenkin katsottu 2-etyyliheksanoliongelma korjatuksi, vaikka korjattujen huoneistojen pitoisuus on ollut alle $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Järnström 2005, 59; Työterveyslaitos 2011.)

2.4.3 TXIB

TXIB-yhdisteen emissiot ovat tyypillinen huonon materiaalin käytöstä johtuva sisäilmaongelma, sillä sitä vapautuu huonolaatuisista, vaurioitumattomistakin PVC-muovimatoista. TXIB:n aiheuttamat ongelmat ovat yleisiä uudehkoissakin asuinrakennuksissa. TXIB-yhdistettä on käytetty PVC-muovimattojen viskositeettimuuntajana vuoteen 1995 asti, jonka jälkeen sen käyttö mattojen valmistamisessa lähes lopetettiin. (Aikivuori 2001, 17; Sisäilmayhdistys 2003.)

TXIB-yhdiste ei ole erityisen haihtuva, joten sen emissiot ovat pitkäkestoisia. Emissioiden määrä riippuu myös yhdistettä sisältävän tuotteen paksuudesta ja koostumuksesta. TXIB aiheuttaa 2-etyyliheksanolin kaltaista oireilua, kuten ärsytystä silmissä, nenässä ja kurkussa. (Aikivuori 2001, 17; Asumisterveysopas 2009, 3.)

2.5 Huonolaatuisen sisäilman sekä kosteus- ja homevaurioiden aiheuttamat kustannukset Suomessa

Huonosta sisäilmasta sekä kosteus- ja homevaurioista aiheutuu vuosittain suuret kustannukset niin terveydenhoidon kuin rakennus- ja korjauskustannuksienkin kannalta. Kosteus- ja homevaurioiden **terveyteen liittyvien kustannusten** suuruudeksi on arvioitu 23 - 953 miljoonaa euroa. Arvio sisältää oireista, sairauksista, niiden tutkimisesta, työkyvyn menettämisestä ja työtehon tuottavuuden laskusta aiheutuvat kustannukset. (Reijula 2012, 13.)

Korjauskustannuksia tulee seuraavasti:

- Vuonna 2010 kertaluontoiset korjauskustannukset olivat 1,2 – 1,6 miljardia euroa.
- Valtionhallinnosta on viime vuosina ohjattu noin 50 miljoonaa euroa julkisten rakennusten peruskorjaushankkeisiin ja asuinrakennusten kosteus- ja homevauriokorjauksiin n. 1 miljoona euroa.
- Vuodesta 2005 sosiaali- ja terveysministeriön hankerahoitus on ohjautunut kosteus- ja homevaurioihin
- Lisäksi vuodelle 2013 valtion budjettiin esitettiin 58 miljoonan euron määrärahaa homekoulujen korjauksiin. (Reijula 2012, 13.)

3 SISÄILMAONGELMIEN KORJAUKSET

3.1 Korjaukset yleisesti

Kosteusvaurioituneiden, niin kuin muidenkin **sisäilmaongelmaisten rakennusten korjaaminen edellyttää** työssä mukana olevilta, etenkin suunnittelijalta, rakennusteknistä tietoa sekä laajapohjaista rakennusfysiikan hallintaa. Rakennuksen kunto- tutkimuksessa, varsinaisessa korjaustyössä ja korjaustyön suunnittelussa kannattaakin käyttää riittävän kokemuksen omanneita asiantuntijoita. (RT 80-10712 1999, 1.)

Ennen varsinaista korjaustyötä tulee selvittää **vaurioiden syyt** riittävän tarkasti. Selvityksen perusteella päätetään korjausten laajuus, suunnitellaan rakenteiden korjaus sekä päätetään korjausmenetelmästä. (RT 80-10712 1999, 1.)

Rakenteiden **korjausten suunnittelussa** tulee ensisijaisesti huomioida se, että ne ovat kosteusteknisesti toimivia ja tulevat luotettavasti kestämään suunnitellun käyttöiän. Suunnittelussa tulee pyrkiä myös estämään satunnaisten vesivahinkojen aiheuttamat laajalle ulottuvat rakenteiden kastumiset. (RT 80-10712 1999, 1.)

Riippumatta käytetystä korjausmenetelmästä varsinainen **vaurion aiheuttaja täytyy poistaa**. Korjaustavoissa on kaksi päämenetelmää: rakennusosien vaihtaminen ja rakennusosien kapselointi. (RT 80-10712 1999, 3.)

Vaurioituneiden **rakennusosien osittaista tai kokonaista vaihtamista pidetään ensisijaisena korjaustapana**. Rakennusosien vaihtaminen tulee kyseeseen silloin, kun vaihtaminen on mahdollista tehdä kohtuullisin kustannuksin ja teknisesti kohtuullisella tavalla. Tyypillisiä kohteita ovat ei-kantavat rakennusosat, esimerkiksi märkätilojen seinät ja erilaiset pintamateriaalit, kuten lattiapäällysteet, levytykset, koolaukset ja lämmöneristykset. Rakennusosan uusiminen on suositeltavaa tehdä 0,2 - 0,5 m vaurioitumattomalle osalle asti. Rajaukset pyritään tekemään sauma-kohtiin. (RT 80-10712 1999, 3.)

Runkorakenteet ynnä muut rakennusosat, joita ei voida purkaa, puhdistetaan homeesta mekaanisesti. Puhdistuksen voi tehdä esimerkiksi hiomalla, harjaamalla tai

kaapimalla teräslastalla. Purkutyöstä syntyvä pöly imuroidaan pölynerottimilla varustetuilla imureilla. Puhdistuksen jälkeen pinnat voidaan käsitellä esimerkiksi desinfiointiaineilla, jotka levitetään valmistajan ohjeiden mukaan joko sivelemällä, teelaamalla tai ruiskuttamalla. (RT 80-10712 1999, 3-4.)

Toissijainen korjaustapa on kapselointi, eli rakennusosien tiivistäminen siten, että epäpuhtaudet eivät pääse leviämään huoneilmaan. Kapseloiteja tehdään yleensä rakennusosille, joiden uusiminen tulisi kohtuuttoman kalliiksi ja olisi erityisen hankalaa. Kosteus- ja mikrobivauriotapauksissa kapseloitavat rakennusosat tulee yleensä saada niin kuiviksi, että mikrobien kasvu ei jatku niissä. (RT 80-10712 1999, 3.)

Rakennusosia voidaan kuivattaa joko koneellisesti tai tuulettamalla. Koneellisessa kuivaamisessa ilmaa puhalletaan rakenteen pintaan tai sen sisälle. Esimerkiksi alapohjan betonilaattaa kuivatetaan usein koneellisesti sen luonnollisen kuivumisen hitauden vuoksi. Puhallettava ilma voidaan lämmittää tai kuivata vaikutuksen tehostamiseksi. (RT 80-10712 1999, 3.)

Joissain tapauksissa rakenteiden uusiminen on kuivausta nopeampi ja/tai halvempi tapa korjata. Kuivausta voidaan kuitenkin tilanteesta riippuen nopeuttaa avaamalla rakennetta. Pieniä kohteita voidaan kuivata mikroaaltokuivaimella, mutta sitä käytettäessä työ tulee teettää ammattiliikkeellä, jotta vältytään vaurioilta esimerkiksi viemäriputkissa. (RT 80-10712 1999, 3.)

Kuivaamisen lopputulos tulee aina varmistaa ammattilaisen suorittamalla kosteusmittauksilla (RT 80-10712 1999, 3).

Kappaleessa 3.3 kerrotaan Nahkurin päiväkodista, joka toimii tämän työn sisäilmakorjausten esimerkkikohteena.

3.2 Kemiallisesti hajoavan mattopäällysteen vaihtaminen

Lattiarakenteen korjauksia sisäilmaongelmatapauksissa ohjaa **vaurion aiheuttaja**. Usein sisäilmaongelman syynä on kosteusvaurioista johtuvat VOC-päästöt, mutta itse kosteus ei aina ole peräisin samasta lähteestä. Vaurion aiheuttajan lisäksi korjaustavan valinnassa huomioidaan rakennuksen suunniteltu käyttöikä sekä mahdollinen suurempi tarve peruskorjaukselle. **Korjaustavaksi on kohteesta riippuen kolme eri vaihtoehtoa:** kapselointi, tuuletus tai rakenteen uusiminen. (Huttunen 2013; Miettinen 2010, 19.)

Eri valmistajilla, kuten Uzin, Basf ja Ardex, on omia järjestelmiään sisäilmaongelmien korjaukseen kapseloimalla. Tämän työn ohjeistuksessa on käytetty Ardexin tuoteperheen tuotteita.

3.2.1 Pölyn ja muiden epäpuhtauksien leviämisen estäminen

Riippumatta valitusta korjaustavasta, ennen varsinaisen korjaustyön aloittamista tulee huolehtia epäpuhtauksien leviämisen estämisestä. Epäpuhtauksien leviäminen estetään työtilan ilmatiiviillä osastoimisella ja alipaineistamisella, jotka tulee tehdä soveltuvien osin *Ratu 82-0383 (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku)*- ja *RatuTT 13.14 1225-S (Pölyntorjunta rakennustyössä)*-ohjekorttien mukaisesti. Pölyntorjunta tulee suunnitella etukäteen. (Huttunen 2011, 10; Ratu 82-0383 2011, 6.)

Osastointia, alipaineistusta ja etenkin riittävän tehokasta ilmanvaihtoa tarvitaan korjaustavasta riippumatta monessa eri työvaiheessa, kuten vanhojen liimojen ja tasoitteiden poistossa, lattiapinnan epoksoinnissa ja varsinaisessa maton kiinnityksessä. Riippuen vaurioista, myös vanhan maton irrottamisen yhteydessä ilmaan voi päästä mikrobeja tai muita epäpuhtauksia (Siirilä 2013).

Osastointimenetelmä on kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkamisen päämenetelmä. Osastointimenetelmässä työn kohde eristetään ilmastollisesti muista tiloista. Osastointi pyritään tekemään huonejaon mukaisesti, mutta

osastointiin voidaan käyttää myös tilapäisiä seinärakenteita tai osittain esivalmistettuja, siirrettäviä suojaseiniä. (Huttunen 2011, 10; Ratu 82-0383 2011, 3.)

Tilapäiset seinärakenteet rakennetaan puurangoista, esimerkiksi ”kakkosnelosesta” ja muovikalvosta. Muovi tulee kiinnittää siten, että se suojaa myös rangan, jolloin ne voidaan käyttää myöhemmin uudelleen. Mahdolliset saumat kalvossa sekä tilaa rajoittavien, työalueeseen kuulumattomien tilojen ovet tiivistetään teippaamalla. Lisäksi ilmanvaihtokanavien tulo- ja poistoilmaelimet tulee tukkia esimerkiksi teippaamalla ja ilmanvaihtolaitteet tulee sulkea korjauksen ajaksi. (Ratu 82-0383 2011, 6; RT 80-10712 1999, 4.)

Kulku osastoituun tilaan tapahtuu sulkutilan kautta. Sulkutila rakennetaan tilapäisten seinärakenteiden tapaa puurangoista ja muovikalvosta. Sulkutila jaetaan tarvittaessa osiin ilman kulkua estävillä ovirakenteilla. Kulkuaukot voidaan toteuttaa esimerkiksi tarkoitukseen valmistetuilla, muovikalvoon kiinnitettävillä vetoketjuilla, Kulkuaukkoja täytyy luonnollisesti olla myös sulkutilan seinissä. Korjauskohteesta riippuen sulkutilan tulee olla riittävän tilava vaatteiden vaihtoa, imurointia ja peseytymistä varten sekä varustettu edellä mainittujen toimenpiteiden vaatimilla työvälineillä. (Ratu 82-0383 2011, 6.)

Osaston sisällä voidaan käyttää kohdepoistolla varustettuja työvälineitä pölyn poiston tehostamiseksi (Ratu 82-0383 2011, 3).

Alipaineistuksessa osastosta imetään ilmaa pois alipaineistuslaitteiden avulla, jolloin korvausilma virtaa aina puhtaasta tilasta likaiseen tilaan. Poistoilma puhdistetaan pölynkerääjässä ja alipaineistajassa olevien suodattimien avulla. (Ratu 82-0383 2011, 6.)

Pölyn leviämisen estämiseksi alipaineistuksen tulee säilyä osastossa jatkuvasti. Tämän vuoksi onkin suositeltavaa käyttää ennemmin kahta pienempää, eri virtapiireihin kytkettyä alipaineistuslaitetta yhden ison sijaan. Tällöin alipaineistus säilyy vaikka toisen virtapiirin syöttö katkeaisikin. (Ratu 82-0383 2011, 7.)

Varsinainen alipaineistaja sijoitetaan osaston ulkopuolelle. Alipaineistajasta lähtee joustava imuletku osaston sisään, jossa on normaalisti karkeasuodatin. Pölynke-

rääjä sijoitetaan purkukohdan läheisyyteen ja sitä liikutellaan purkukohdan mukaan. (Ratu 82-0383 2011, 6.)

Riippuen suodattimen mallista, poistoilma voidaan puhalttaa joko ulos tai sisään, yleensä kuitenkin ulos. Hienosuodattimella varustetun alipaineistajan poistoilma puhalletaan aina ulos, kun taas mikrosuodattimellisella imuyksiköllä poistoilma voidaan puhalttaa sisälle puhtaaseen tilaan. Poistopuhallus tehdään joustavan muoviputken tai muovisukan avulla ja puhalluksen sijoitus tehdään ulkona siten, että se on mahdollisimman kaukana ikkunoista ja ilmanvaihdon raitisilmanotosta. (Huttunen 2011, 10; Ratu 82-0383 2011, 6 - 7.)

Alipaineistuslaitteet tulee mitoittaa siten, että osastoidun tilan ilma vaihtuu 6 - 10 kertaa tunnissa. Alipaineistus käynnistetään ennen töiden aloittamista ja sitä pidetään yllä vuorokauden ympäri kohteesta riippuen jopa loppusiivoukseen saakka. (Huttunen 2011, 10; Ratu 82-0383 2011, 6.)

Ennen purku- ja rakennustöiden aloittamista tulee osastointi, suojaukset ja muut työhön liittyvät asiat **tarkastaa** valvojan ja vastaavan työnjohtajan toimesta. Tarkastuksen pohjana voidaan käyttää Ratu 82-0383-ohjekorttia. (Huttunen 2011, 10.)

3.2.2 Kosteudenhallintasuunnitelma ja työmaan olosuhteet

Urakoitsijoiden tulee yhteistyössä aliurakoitsijoiden kanssa laatia työmaalle kosteudenhallintasuunnitelma, jolla pyritään pienentämään kohteen kosteusvaurioriskiä. Kosteudenhallintasuunnitelmaan tulee sisältyä

- kosteusriskien kartoitus
- rakenteiden kuivumisaika-arviot
- työmaan olosuhdehallinta
- kosteusmittausuunnitelma
- kosteudenhallinnan organisointi, seuranta ja valvonta. (Ratu 437-T 2009, 10; Sisäilmayhdistys ry 2008c.)

Kosteusriskien kartoituksessa kohteen arkkitehti- ja rakennesuunnitelmat tulee tarkastaa ja niistä tulee luetteloida kaikki rakenteet, materiaalit ja tuotteet, joissa on mahdollisuus kosteusteknisiin ongelmiin toteutusvaiheessa tai myöhemmin. Luettelon avulla voidaan kiinnittää erityistä huomiota riskidetallien toteuttamiseen. (Ratu 437-T, 10; Sisäilmayhdistys ry 2008c.)

Kosteudelle herkillä materiaaleilla päällystettävillä rakenteilla, kuten betonilattioilla, tulee tehdä **kuivumisaika-arviot** eri toteutusolosuhteissa. Eri rakenne-päällysteyhdistelmille tulee laatia kosteusraja-arvot päällystettävyyss päätöksen pohjaksi ja lisäksi tulee valita menettelytavat tilanteisiin, joissa kuivumisajat muodostuvat arvioitua pidemmäksi. (Ratu 437-T, 10; Sisäilmayhdistys ry 2008c.)

Työmaan olosuhdehallinnassa tulee käsitellä menetelmät kastumisen estämiseksi ja sääsuojauksen hoitamiseksi niin runkorakenteiden ja rakennustarvikkeidenkin osalta sekä työmaalla mahdollisesti sattuvien, työnaikaisten vesivahinkojen hoitamiseksi. Lisäksi tulee käsitellä menetelmät rakenteiden kuivatuksen vaatimien olosuhteiden varmistamiseksi. (Sisäilmayhdistys ry 2008c.)

Kosteusmittaussuunnitelma laaditaan työmaalle etukäteen. Suunnitelman tulee sisältää kaikki tarvittava tieto mittauksista, kuten mittausmenetelmät, laitteisto, aikataulu, laajuus sekä mittauspisteiden sijainti. (Ratu 437-T, 10; Sisäilmayhdistys ry 2008c.)

Edellä mainittujen asioiden lisäksi kosteudenhallintasuunnitelmassa tulee sopia muun muassa vesivahinkojen ja mittaustulosten asianmukaisesta dokumentoinnista. Lisäksi tulee huolehtia, että työmaan eri osapuolet tiedostavat omat vastuualueensa ja jokainen ilmoittaa havaitsemistaan kosteusteknisistä epäkohdista työmaan johdolle. (Sisäilmayhdistys ry 2008c.)

Työmaan **olosuhteisiin** tulee kiinnittää erityistä huomiota, jotta ne ovat oikeat eri työvaiheille, kuten esimerkiksi laatan kuivatukselle tai maton asennukselle. Olosuhteita tulee seurata päivittäin ja ne tulee kirjata työmaapäiväkirjaan. Rakennuksen lämpötila tulee mahdollisuuksien mukaan pitää mahdollisimman lähellä lopullista käyttölämpötilaa (Huttunen 2011, 25).

3.2.3 Betonilaatan kapselointi

Betonilaatan kapselointi **sopii hyvin kohteisiin**, joissa lattiarakenteen kemiallinen hajoaminen on seurausta maaperästä kapillaarisesti tai diffuusiolla nousseesta kosteudesta. Menetelmää voidaan kuitenkin tarpeen mukaan käyttää myös rakennekosteudesta vaurioituneissa laatoissa niin ala- kuin välipohjissakin. Menetelmässä betonilaatta käsitellään epoksihartsilla, joka toimii kosteussulkuna. Lisäksi aineella saadaan kapseloitua aiemmasta vauriosta laattaan imeytyneet epäpuhtaudet, kuten esimerkiksi 2-etyyliheksanoli. Menetelmässä tiivistetään myös seinälattialiittymät (kuvio 3) sekä läpiviennit ilmavuotojen estämiseksi. (Ardex 2013, 12; Huttunen 2013.)

Purkuvaiheessa vanha matto poistetaan esimerkiksi petkeleen avulla ja liima sekä tasoite poistetaan hiomalla, sinkoamalla tai tarpeen mukaan jyrsimällä. Käsitellyn laatan pinta tulee olla syvähiottua betonia vastaava, eli betonin runkoaineen tulee olla näkyvissä. Pölyämisen estämiseksi työssä käytettävät laitteet tulee olla varustettu imurilaitteistolla. Mikäli laattaa joudutaan purkamaan, voi betonimurskaa kostuttaa pölyämisen estämiseksi. Purkutöiden jälkeen laatta tulee puhdistaa imurilla pölystä ym. roskista. (Huttunen 2011, 17; Ratu 82-0379 2011, 10, 13.)

Laattaa kapseloitaessa **työjärjestys** on seuraava: ensin paikataan mahdolliset halkeamat, jonka jälkeen laatalle tehdään epoksihartsikäsitteily. Tämän jälkeen tehdään tarvittavat tiivistystyöt. **Halkeamat korjataan** joko paineellisesti injektoidulla tai halkeamaa avartamalla. Paineellisesti injektoidulla halkeamaan porataan 10 cm:n välein 12 mm:n terällä reikiä, joiden syvyys on 2/3 betonin paksuudesta. Halkeamien avarrus taas tehdään esimerkiksi kulmahiomakoneella ja tarvittaessa halkeamaan voidaan laittaa harjateräksiä poikkisuuntaan halkeaman kanssa. (Ardex 2012, 2; Ardex 2013, 12 - 13.)

Ardex EP 2000-epoksihartsin alhaisen viskositeetin ansiosta hyvin ohuet halkeamat voidaan paikata pelkästään sitä käyttämällä. Kuitenkin yleensä halkeamien paikkauksessa käytetään epoksihartsin lisäksi täyteainetta kuten kvartsihiekkaa tai Portlandsementtiä. Alle 5 mm halkeamien täyttöön suositellaan seossuhdetta 1 osa epoksihartsia ja 1½ osaa täyteainetta, suuremmissa täytöissä voidaan täyte-

aineen määrää lisätä. Jatkotartunnan varmistamiseksi märkään epoksiin sirotellaan kvartsihiekkaa. (Ardex 2012, 2.)

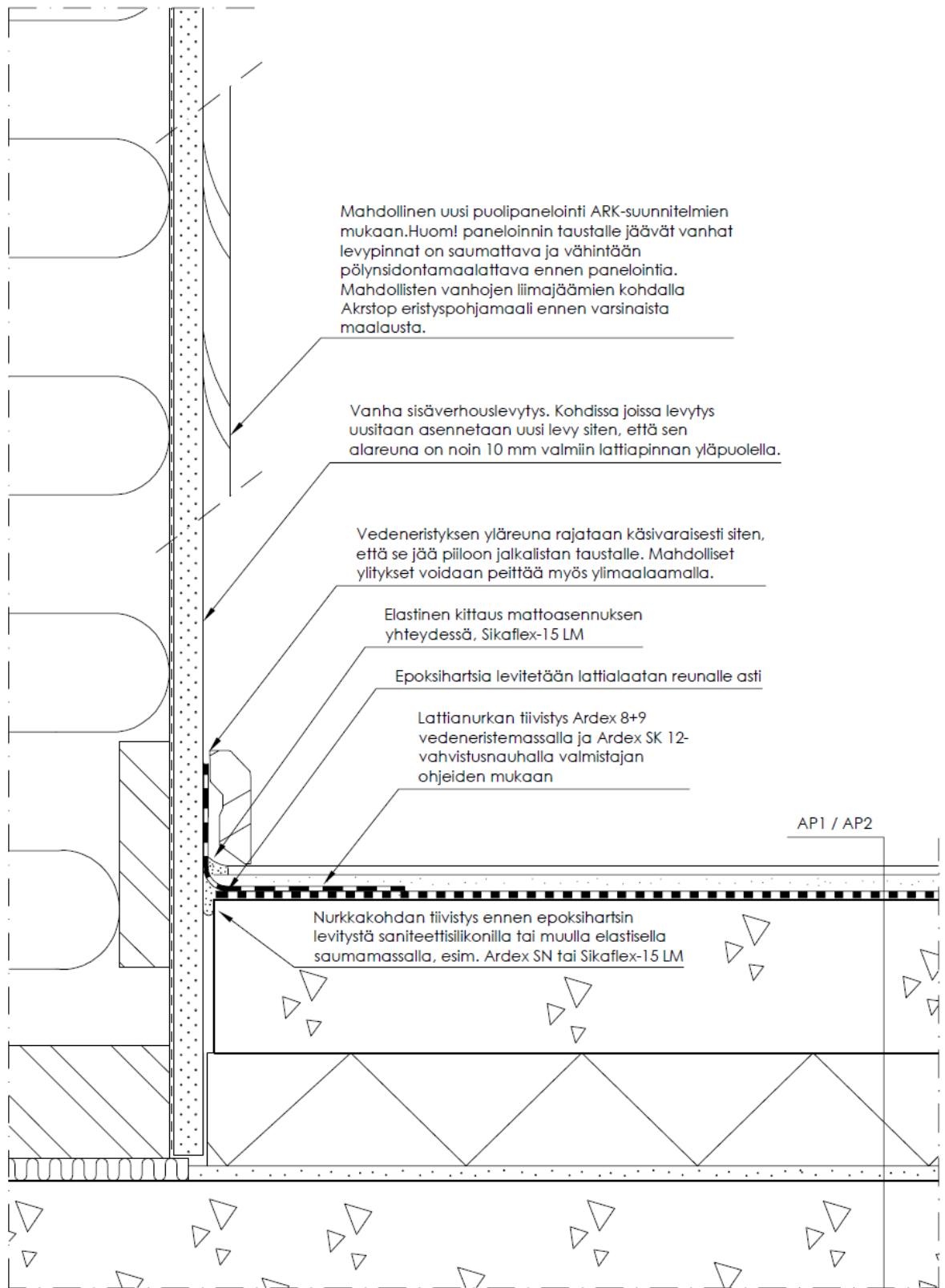
Itse **laatan kapselointi** tehdään levittämällä epoksihartsia kahteen kertaan ristikkäin. Paran työkalu levitykseen on lyhytkarvainen tela. Olosuhteista riippuen ensimmäisen kerroksen tulee kuivua noin 6 tuntia ennen toisen kerroksen levittämistä. Maksimissaan käsittelyjen välissä saa olla 48 tuntia. Toista kerrosta levitettäessä tulee varmistaa, ettei pintaan jää huokosia tai reikiä. Tasoitekerroksen ja vesieristeiden tartunnan saamiseksi toisen epoksihartsikerroksen levittämisen jälkeen sen pintaan levitetään välittömästi kvartsihiekkaa (raekoko 0,5 - 1,2 mm) kauttaaltaan. (Ardex 2012, 2.)

Epoksihartsin **menekin tulee olla** vähintään 300 g/m²/kerros, eli yhteensä vähintään 600 g/m². **Menekin seuranta** on laadunvarmistuksen vuoksi tärkeää. Menekkiä voi seurata esimerkiksi säilyttämällä tyhjästä astiat ja merkitsemällä niihin mihin huoneisiin mikäkin astia on käytetty. (Ardex 2012, 2; Huttunen 2011, 18.)

Työmaan olosuhteet vaikuttavat epoksihartsin levittämiseen olevaan aikaan, alhaisemmassa lämpötilassa aika pitenee ja lämpimässä vastaavasti lyhenee. 18 - 20 asteen lämpötilassa työskentelyaika on noin 30 minuuttia sekoittamisesta. (Ardex 2012, 2.)

Epoksipinta on kävelykelppoinen noin 6 tunnin kuluttua levittämisestä. Mekaanisen kuormituksen kestävyys menee 24 tuntia ja vastaavasti kemiallisen kuormituksen kestävyys 7 vuorokautta. (Ardex 2012, 2.)

Seinä-lattialiittymät ja läpiviennit tiivistetään käyttämällä 2-komponenttista Ardex 8+9 vedeneristysmassaa. Seinä-lattialiittymiin käytetään lisäksi Ardex SK12-vahvistusnauhaa parantamaan tiivistyksen kestävyyttä. Tiivistyksillä estetään laattaan imeytyneiden epäpuhtauksien ja esimerkiksi maaperästä tulevien hajuhaittojen pääsy ilmapuotojen mukana huoneilmaan. Ennen tiivistystöiden aloittamista ylimääräinen kvartsihiekkä imuroidaan pois. (Ardex 2007, 2; Leskinen 2011, 17.)



Kuvio 3. Esimerkkidetallii seinä-lattialiittymän tiivistyksestä.
(Jukka Huttunen)

Läpiviennit tiivistetään pastamaisella ja **seinä-lattialiittymät** telattavalla massalla. Tiivistykset kannattaa aloittaa läpivienneistä, sillä pastamaisen massan voi käy-

tön jälkeen ohentaa telattavaksi massaksi. Ohennusta ei saa kuitenkaan tehdä, jos pastamaisen massan kovettuminen on jo alkanut. Seosta valmistettaessa se tulee sekoittaa täysin möykyttömäksi, tasaiseksi massaksi. (Ardex 2007, 2.)

Itse tiivistystyössä läpiviennit tiivistetään pursottamalla pastamaista massaa esimerkiksi muovipussista läpivientikappaleen ja betonilaatan väliin. Seinälattialiittymien tiivistyksessä vedeneristettä levitetään ensin runsaasti vahvistusnauhan peittämälle alueelle sekä seinälle että lattialle. Tuoreeseen massaan painetaan vahvistusnauha lastan avulla varmistaen, ettei alustan ja nauhan väliin jää ilmataskuja. Nauhan kuivuttua massaan levitetään toinen kerros massaa vahvistusnauhan päälle ja siitä noin 10 mm yli. (Ardex 2013, 9, 12.)

Käyttölämpötila Ardex 8+9:llä on 5 - 30 astetta ja käyttöaika 20 asteen lämpötilassa on noin 45 minuuttia (Ardex 2007, 2).

Tiivistyksien jälkeen lattia tasoitetaan käyttämällä matala-alkalista tasoitetta, kuten Ardex K14:a tai K75:ä. Tasoitteella tehdään mattoliiman vaatima tasainen ja huokoinen, kosteutta vastaanottava pinta. **Tasoitekerroksen ohjeellinen minimipaksuus** on 5 mm, jotta sillä on riittävä kosteuskapasiteetti mattoliiman sisältämää kosteutta vastaan. Ilman epoksihartsikerrosta kosteus pääsisi tasaantumaan myös betonilaattaan, mutta tässä tapauksessa tasoitekerros ottaa vastaan kaiken liimasta peräisin olevan kosteuden. Liian ohuella kerroksella on vaarana, että liima pilaantuu omasta kosteudestaan. Kapseloidun rakenteen pienempi kosteuskapasiteetti huomioidaan myös maton liimaustekniikassa. (Ardex 2013, 12; Huttunen 2011, 19; Huttunen 2013.)

Tasoitteiden sekoittaminen tulee aina tehdä puhtaaseen astiaan puhtaalla, viileällä vedellä. Sekoituksen aikana jauhetta lisätään veteen siten, että tuloksena on koostumukseltaan tasalaatuinen, hyvin leviävä massa. Ardex K14- ja K75-tasoitteet ovat hyvin leviäviä ja tasoittuvia, myöhemmälle hiomiselle tai tasoittamiselle ei yleensä ole tarvetta. Tasoitteiden levittämiseen voidaan käyttää joko hammastettua tai tasaista lastaa. (Ardex 2009a, 2; Ardex 2009b, 2.)

Valmistajan mukaan sekä K14- että K75-tasoitteet ovat päällystettävissä 24 tunnin kuluttua tasoitustyöstä. Epoksihartsin päälle tehtävä tasoitekerros kuitenkin kuivuu hitaammin kuin suoraan betonilaatalle tehty tasoitus, joten kuivumiseen tulee vara-

ta enemmän aikaa. Tasoitekerroksen riittävä kuivuminen tulee kuitenkin varmistaa näytepalamenetelmällä tehtävällä kosteusmittauksella. **Kosteusmittaukset** käsitellään kappaleessa 4. (Ardex 2009a, 2; Ardex 2009b, 2; Huttunen 2011, 9.)

Ennen maton asennusta tulee tarkistaa tasoitetun alustan kunto. Oikein tehty, asiakirjojen vaatimukset täyttävä lattia on luja, liikkumaton, kiinteä, tasainen, kuiva ja puhdas. Tasaisuus mitataan Ratu 1215-S-ohjekortin mukaisella mittalaudalla. Raja-arvo tasaisuuden poikkeamassa on ± 4 mm (± 3 mm vaativissa tiloissa). (Ratu F63-0332 2008, 11; Upofloor 2006, 3.)

Maton liimaaminen käsitellään kappaleessa 3.2.6.

Maanvaraisessa laatassa **kapselointiin liittyvistä riskeistä** huomattavin on siitä johtuvat muutokset kosteusvirrassa. Maanvaraisen laatan lisääntyneen vesihöyrynvastuksen ja rakennetta kuivattavien ilmavuotojen poistumisen myötä lattiaan liittyvien rakenteiden, kuten seinien, kautta kulkeva kosteusvirta nousee, mistä saattaa ajan kuluessa syntyä kosteusvaurioita näihin rakenteisiin. Tästä johtuen korjaustyön suunnittelussa tulee ottaa huomioon erityisen tarkasti vanhat rakenteet ja niiden kosteustilat. Suhteellisen lyhyen käyttöiän (5...10 vuotta) tapauksessa kosteusvirran muuttumisesta tuskin ehtii merkittäviä vaurioita syntyä, mutta pidempää käyttöikää hakiessa täytyy asiaan kiinnittää enemmän huomiota. (Huttunen 2013.)

Rakenteisiin liittyvien riskien lisäksi epoksiyhdisteillä myös **terveysvaikutuksia** ainakin käsittelyn tekijöille, sillä ihokosketukset näiden kanssa altistavat **epoksiallergialle**. Työterveyslaitos tutkii vuosittain kymmeniä iho-oireita saaneita epoksiyhdisteitä käsitteleviä työntekijöitä ja usein syyksi osoittautuu ihokosketusallergia epoksiyhdisteille. Epoksiallergian synnyttyä huolellinenkaan suojautuminen ei välttämättä riitä ihottuman pitämiseksi kurissa. (Tompuri 2013.)

Työterveyslaitoksen on ensi syksynä tarkoitus aloittaa tutkimushanke muun muassa eniten epoksiallergioita aiheuttavien töiden ja yhdisteiden selvittämiseksi. Tutkimuksella pyritään selvittämään myös epoksiyhdisteiden leviäminen työpaikan pinnoilta. Lisäksi tavoitteena on selvittää erilaisia tapoja ongelman ratkaisemiseksi. (Tompuri 2013.)

3.2.4 Betonilaatan lämmitys ja tuuletus

Betonilaatan lämmitys ja tuuletus sopii sellaisille maanvaraisille laatoille ja välipohjalaatoille, joissa pintamateriaalien kemiallinen hajoaminen on seurausta rakennekosteuden aiheuttamista vaurioista eikä varsinaista kosteusongelmaa ole. Rakennekosteuden aiheuttama vaurio johtuu siitä, että betonilaatta on päällystetty liian aikaisin sen ollessa vielä kostea, jolloin kosteus on vaurioittanut sekä mattoa että sen kiinnitykseen käytettyä liimaa. Matto on saatettu asentaa myös suoraan betonilaatan päälle ilman tasoitekerrosta, jolloin vaurioita on aiheuttanut myös alkalinen kosteus. (Huttunen 2013; Kallinen 2012, 4.)

Rakennekosteudesta johtuva vaurio voidaan korjata kapseloimatta, sillä se ei uusiudu, mikä taas on maaperästä nousevan kosteuden kanssa todennäköistä. Tässä menetelmässä lattian pintarakenteet poistetaan, laattaa lämmitetään ja tilaa tuuletetaan, jonka jälkeen lattia pinnoitetaan uudelleen. Laatan lämmityksellä ja tuuletuksella saadaan poistettua laattaan aiemmin imeytyneet epäpuhtaudet, kuten 2-etyyliheksanoli ja TXIB. (Huttunen 2013; Järnström 2005, 62 - 65.)

Joissain tapauksissa **purkutöiksi** on riittänyt pelkkä maton ja liiman poisto ennen tuuletusta. Suositeltavaa kuitenkin on laatan syvähionta runkoaineeseen asti samoilla menetelmillä kuin epoksikäsittelyä tehtäessä. Käytettävät koneet tulee olla varustettu imurilaitteistolla. (Huttunen 2013; Järnström 2005, 62 - 65.)

Purkutöiden ja siivouksen jälkeen huoneen lämpötila nostetaan 30 - 35 asteeseen. Maksimilämpötila on 35 astetta, koska suuremmassa lämpötilassa on vaarana puuosien, kuten kiintokalusteiden, liiallinen kuivaminen, halkeilu ja vääntyily. Puuosien vaurioitumisen riski on suuri etenkin talvella ilman ollessa erityisen kuivaa. Laatan **lämmitys** hoidetaan esimerkiksi lämpömatoilla tai erillisillä puhaltimilla, lisäksi lämmitystä voidaan tukea rakennuksen omalla lämmitysjärjestelmällä. (Huttunen 2013; Järnström 2005, 37, 39 - 40.)

Tuuletus aloitetaan samaan aikaan lämmityksen kanssa. Tuuletuksessa käytetään hyväksi aiemmin rakennettuja osastoja ja alipaineistuslaitteistoa. Tuuletusta pidetään yllä ympäri vuorokauden 2 - 3 viikkoa, tarvittaessa kauemmin. Toimenpi-

teen riittävyys voidaan arvioida aistinvaraisesti hajun perusteella. (Huttunen 2013; Järnström 2005, 39 - 40.)

Lämpökäsittelyn jälkeen betonilaatta **pohjustetaan** Ardex P51-pohjustusaineella. Pohjustimella parannetaan vesieristeen ja tasoitteen tartuntaa laattaan. Pohjustettavan alustan tulee olla kuiva, luja, pölytön ja puhdas. Pohjustinta laimennetaan puhtaalla, kylmällä vedellä. Voimakkaasti imukykyistä betonia käsiteltäessä sekoitussuhde on 1:5. Pohjustin levitetään laattaan joko harjalla, pensselillä tai telalla ja kuivuttuaan aine muuttuu läpinäkyväksi kalvoksi. Menekki sekoitussuhteella 1:5 on noin 30 g/m². (Ardex 2009a, 2; Ardex 2009b, 2; Ardex 2011,2.)

Mahdolliset haju- tai muita haittoja aiheuttavat ilmavuodot tulee **tiivistää**. Tiivistykset tehdään samalla tavalla kuin kapselointimenetelmän yhteydessä.

Myös lattian **tasoitus** tehdään samalla tavalla kuin kapselointikäsitelyssä. Tässä korjaustavassa tasoitteen merkitys on tasaisen pinnan aikaansaamisen lisäksi suojata mattoa ja sen käsittelyyn käytettävää liimaa betonilaatan alkaliselta kosteudelta. Pitkäaikaisen (>10 vuotta) suojaavan vaikutuksen saamiseksi tasoitekerroksen paksuus tulisi olla vähintään 5 mm, mutta tasoitevalmistajan taatessa riittävän suojan voidaan käyttää myös ohuempia tasoitekerroksia. (Kallinen 2012, 4 - 5; Laurén 2010, 5.)

Ennen maton asentamista tasoitetun laatan päällystettävyyden varmistetaan porareikä- ja näytepalamenetelmillä tehtävillä kosteusmittauksilla. **Kosteusmittaukset** käsitellään kappaleessa 4.

Maton liimaaminen käsitellään kappaleessa 3.2.6.

Laatan lämmitystä ja tuuletusta korjausmenetelmänä on **tutkittu** vuonna 2005 Helena Järnströmin VTT:lle tekemässä tutkimuksessa. Tutkimuksessa oli mukana seitsemän asuntoa kolmessa eri kohteessa, joiden asukkailla oli asunnossa oleskeluun yhdistettävää oireilua. Tutkimuksessa huomioitiin asuntojen ilmanvaihtojen toiminta ja niiden osalta ilmanvaihtokertoimien todettiin olevan säädösten mukaiset. (Järnström 2005, 3.)

Kaikissa asunnoissa VOC-yhdisteiden päästölähteiksi todettiin FLEC-tekniikalla tehdyillä mittauksilla PVC-muovimatolla pinnoitettu lattiarakenne. Lattiapinnoitteen

päältä mitatut emissiot olivat TXIB:llä 3 - 4-kertaiset ja 2-etyyliheksanolilla 3 - 5-kertaiset verrattuna tutkimuksen ottohetkellä VTT:n materiaaliemissiotietopankista saatujen uusien, ongelmattomien kohteiden emissioarvoihin (TXIB: $62 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$, 2-etyyliheksanoli: $5 - 30 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$). Korjaustoimenpiteenä asuntojen lattiamatot ja liimat poistettiin. Yhdessä asunnossa lattiasta poistettiin myös tasoite. Tämän jälkeen asuntojen lämpötilaa nostettiin $30 - 35$ asteeseen ja asuntoja tuuletettiin $2 - 3$ viikkoa pois lukien yksi asunto, jonka tuuletus kesti yli 3 viikkoa. Uudet asennetut lattiapinnoitteet ja liimat olivat M1-luokiteltuja. (Järnström 2005, 3, 37, 39 - 40, 44, 67 - 68.)

Tutkimuksessa sisäilman pitoisuuksia ja lattiarakenteesta tulevia emissioita seurattiin vuosi tutkimuksen jälkeen. Asuntojen TVOC-pitoisuuksiksi mitattiin tavallisesti Sisäilmaluokitus 2000 mukaisen S2-luokan arvo ($<300 \mu\text{g}/\text{m}^3$). TXIB-pitoisuus oli keskimäärin $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja TXIB-emissio lattiarakenteesta $8 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. 2-etyyliheksanolin pitoisuudeksi saatiin keskimäärin $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja sen emissioksi lattiarakenteesta $25 - 46 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Lisäksi asukkaille osoitetun kyselyn mukaan oireet vähenivät merkittävästi korjaustoimenpiteiden jälkeen. (Järnström 2005, 3; RT 07-10741 2001, 6.)

3.2.5 Betonilaatan purku ja uusiminen

Betonilaatan purku ja uusiminen **sopii hyvin korjaustavaksi** tilanteessa, jossa vaurion aiheuttaja on maaperästä nouseva kosteus. Tällä menetelmällä korjattaessa vanha laatta puretaan, maakerrokset korjataan toimiviksi ja valetaan uusi laatta. Menetelmä on varteenotettava vaihtoehto myös kohteissa, joissa korjauksen yhteydessä uusitaan esimerkiksi viemärointejä, jolloin lattiaa puretaan joka tapauksessa. (Miettinen 2010, 19 - 20.)

Purkutöissä on kiinnitettävä erityistä huomiota haitta-aineisiin, kuten esimerkiksi asbestiin. Itse laatan purkaminen tehdään piikkaamalla ja työn helpottamiseksi laattaa voidaan leikata laatoiksi kulmahiomakonetta käyttämällä. (Ratu F13-0363 2010, 6.)

Purkutöiden jälkeen **maakerrosten vaihtamiset ja täyttötööt** tehdään suunnittelijan ohjeiden mukaan. Yleensä aina maanvaraista laattaa uusittaessa myös eristeet uusitaan, kuitenkin vähintään kaikki kastuneet tai muuten vaurioituneet eristeet vaihdetaan. (Ratu F13-0363 2010, 6.)

Uuden laatan valutyöt sekä valua edeltävät työt tehdään Ratu F13-0363-ohjekortin mukaisesti. Laatan jälkihoito tulee tehdä joko peittämällä laatta muovilla tai käyttämällä jälkihoitoaineita, ei kastelemalla laatta. Sementtiliimakerros tulee hioa pois mahdollisimman pian jälkihoidon jälkeen. (Huttunen 2011, 13.)

Valetulle laatalle tulee tehdä kuivatussuunnitelma ja laatan kuivamisen etenemistä tulee seurata porareikämenetelmällä tehdyillä kosteusmittauksilla. Kosteusmittauksia jatketaan siihen asti, kunnes laatta on riittävän kuiva tiivistystöitä ja etenkin tasoittamista varten. Kosteusmittauksilla varmistetaan, ettei lattiapäällyste myöhemmin vaurioidu laattaan jääneen rakennekosteuden vuoksi. (Kallinen 2012, 5; Ratu F13-0363 2010, 8.)

Uusi laatan **pohjustus** tehdään Ardex P51:llä samalla tavalla kuin kappaleessa 3.2.4 lämpökäsitellylle laatalle. Pohjustimen laimennussuhde kuitenkin tulee olla raakabetonipinnalla 1:1, menekki on tällöin noin 150 g/m² (Ardex 2011, 1).

Tiivistykset ja tasoitetyöt tehdään samalla tavalla kuin kapseloinnin ja lämmitetyn laatan yhteydessä. Tasoitetyössä tulee huomioida alkalisuojan vaatima tasointekerroksen minimipaksuus.

Ennen maton asentamista tasoitetun laatan päällystettävyyys varmistetaan porareikä- ja näytepalamenetelmällä tehtävillä kosteusmittauksilla. **Kosteusmittaukset** käsitellään kappaleessa 4.

3.2.6 Maton liimaaminen

Mattojen liimauksessa käytettävä menetelmä riippuu alustasta ja päällysteen valmistajan antamista ohjeista. Kiinnitys tehdään joko märkäliimauksena tai niin kutsuttuna myöhäisenä märkäliimauksena (tarraliimaus). (Akzo Nobel Coatings Oy 2008, 2.)

Imeville alustoille, kuten betonille ja lastulevyille, liimaus tehdään yleensä **märkäliimauksena**. Liimaa levitetään hyvän kastumisen vaadittava määrä, jonka jälkeen matto asennetaan niin nopeasti kuin mahdollista. Matto tulee painaa alustaa siten, että ilma poistuu sen alta. Parhaimman lopputuloksen saa käyttämällä mattolastaa tai -jyrää. Lopuksi tarkistetaan, että päällyste on kauttaaltaan kastunut liimaan. (Akzo Nobel Coatings Oy 2008, 2.)

Imemättömille alustoille, kuten vanhoille lattiapäällysteille, liimaus tehdään **myöhäisenä märkäliimauksena**. Liimaa levitetään alustalle tarvittava määrä, jonka jälkeen matto asennetaan märkään liimaan. Tämän jälkeen matto nostetaan takaisin ylös ja varmistetaan riittävä kastuminen. Liiman annetaan kuivua valmistajasta riippuen noin 10 - 30 minuuttia, jonka jälkeen matto lasketaan takaisin puolikuivalle liimapinnalle ja asennetaan mahdollisimman nopeasti käyttäen apuna mattolastaa tai -jyrää. Lopuksi tarkistetaan, että maton ja liiman välinen kastuminen on riittävä. (Akzo Nobel Coatings Oy 2008, 2.)

Myöhäisessä märkäliimauksessa liimasta haihdutetaan kosteutta, mikä pienentää rakenteen liimauksesta aiheutuvaa kosteusrasitusta. Menetelmää käytettäessä on kuitenkin oltava tarkkana, ettei avoin aika muodostu liian pitkäksi jolloin liima ei enää tartu päällysteen taustaan.

Edellä mainittujen alustatyyppien ja eri mattojen liimausmenetelmissä on kuitenkin **poikkeuksia**, kuten esimerkiksi Upofloorin Lifeline CS-matto, joka tulee asentaa alustan tyylistä riippumatta myöhäisenä märkäliimauksena. Liimausmenetelmää valittaessa tulee siis tarkistaa sekä liima- että mattokohtaiset ohjeet valmistajilta. Lisäksi tulee huomioida, että **kapseloidulle laatalle liimatessa** tulee liimausmenetelmänä aina olla tarraliimaus, sillä kapselointi tekee laatasta tasoitekerroksen paksuudesta huolimatta imemättömän alustan. (Siirilä 2013; Upofloor Oy 2010.)

Maton liimaamiseen tulee käyttää vain matonvalmistajan suosittelemia liimoja. **Maton ja liiman yhteensopivuus tulee tarkistaa**, sillä esimerkiksi Upofloorin LifeLine CS-matto ei sovellu liimattavaksi Ardexin valmistamilla liimoilla. (Upofloor Oy 2010.)

Menetelmissä käytettävät liimojen avoimet ajat ovat valmistajakohtaisia ja niihin vaikuttavat sekä liiman että alustan kosteus ja lämpötila.

Olosuhteisiin tulee kiinnittää huomiota mattoa liimatessa. Alustan, päällysteen ja liiman olla mahdollisimman lähellä huoneen lämpötilaa ja huoneen lämpötilan tulee olla mahdollisimman lähellä lopullista käyttölämpötilaa. Näin vältetään niin kutsutulta kosteuspuskulta lattiapäällysteen alla. (Betonikeskus ry 2007, 5; RT 14-11103 2013, 277.)

Kuitenkin lämpötilan tulee olla vähintään 18 astetta ja enintään 24 astetta sekä ilman suhteellisen kosteuden tulee olla 35 - 60 % tai valmistajan ohjeen mukaan. Lisäksi ennen kiinnittämistä tulee huomioida, että mattoa säilytetään kiinnitysolosuhteita vastaavissa olosuhteissa vähintään vuorokauden ajan ennen kiinnittämistä. (RT 14-11103 2013, 277.)

3.3 Työturvallisuus

3.3.1 Työturvallisuus yleisesti

Työmaalla tulee aina käyttää turvakenkiä, suojakypärää, näkyvää vaateetusta ja silmiensuojaimia. Lisäksi työstä ja käytettävästä materiaalista riippuen tulee käyttää **myös muita suojaimia**. (Ratu F13-0363 2010, 10.)

Nostoja tehtäessä on huolehdittava oikeista **työasennoista**. Mikäli työskennellään polvillaan, tulee käyttää polviensuojaimia. Lisäksi tarvittaessa käytetään työskentelyä helpottavia apuvälineitä, kuten pukkeja ja jatkovarsia. (Ratu F13-0363 2010, 10.)

Tulitöissä tulee varmistaa tulityölupa sekä tulityön tekijän tulityökortti ja sen voimassaolo. Tulitöissä tulee aina olla tulityön aikainen sekä vähintään 1 tunnin tulityön jälkeen jatkuva tulityövartiointi. (Ratu F13-0363 2010, 10.)

Työmaalla tulee olla ensiapuvälineet, tapaturman uhrin siirtoon tarvittavat parit sekä hoitoon sopiva huonetila. Lisäksi työmaalla tulee olla vähintään yksi ensiavun antamiseen perehdytetty henkilö. (Ratu F13-0363 2010, 10.)

3.3.2 Haitta-aineiden huomioiminen

Ennen töiden aloittamista purettaville rakenteille tulee tehdä vaarallisten aineiden kartoitus. Kartoituksessa selvitetään sisältääkö purettava rakenne esimerkiksi asbestia, PCB:tä, lyijyä, hometta tai mikrobeja. Kartoitus tehdään mahdollisia suunnitelma-asiakirjoja tarkastelemalla sekä paikan päällä tehtävällä asiantuntijakatselmuksilla. Epäselvistä tai epäilyttäviistä materiaaleista tulee olla otettuna ja analysoituna näyte. (Ratu 82-0379 2011, 9; Ratu F13-0363 2010, 5.)

Kartoituksessa paljastuneet haitta-aineet aiheuttavat omat muutoksensa purkutöihin:

- Asbesti: purkutyön suorittajan tulee olla valtuutettu urakoitsija ja purkutöitä tulee tehdä asbestipurkutyönä *Ratu 82-0347 (Asbestia sisältävien rakenteiden purku)*-ohjekortin mukaan.
- PCB ja lyijy: purkutyössä käytettävä *Ratu 82-0382 (PCB:tä tai lyijyä sisältävien saumamassojen purku)*-ohjekortin mukaisia henkilökohtaisia suojaimeja ja kohdepoistolla varustettuja koneita. Lisäksi purettavaa materiaalia on käsiteltävä ongelmajätteenä.
- Homeet ja mikrobivauriot: Mikäli kohteessa on havaittu tai siellä epäillään olevan kosteus- ja mikrobivaurioita, tulee purkutyössä käyttää P2- tai P3-luokan mukaisia hengityksensuojaimia vauriosta riippuen. Lisäksi tulee käyttää suojavaatteita ja suojakäsineitä. Silminnähden homehtuneita ja lahonneita rakenteita purettaessa, tulee vaurioituneet osat poistaa ennen kuivausta itiöiden leviämisen estämiseksi. (Ratu F13-0363 2010, 5; RT 80-10712 1999, 3.)

3.4 Sisäilmaongelmien korjauksien esimerkkikohte Nahkurin päiväkoti

Nahkurin päiväkoti sopii hyvin sisäilmakorjauksien esimerkkikohteeksi, sillä kohteen sisäilmaongelmiin oli monia syitä ja näin ollen korjauksessa sovellettiin erilaisia korjaustapoja.

Päiväkoti on vuonna 1989 valmistunut yksikerroksinen rakennus. Alapohja on maanvarainen, reunavahvistettu teräsbetonilaatta. Kantava runko osittain puu- ja

osittain terärakenteinen. Yläpohja on puurakenteinen ja vesikattona on peltikatteinen harjakatto.

Sisäilmaongelmien vuoksi rakennus asetettiin käyttökieltoon vuoden 2011 alussa. Rakennukselle on tehty tutkimuksia, kuten sisäilmatekninen kuntotutkimus (ISS Proko Oy 20.1.2011) ja myöhemmin kosteustekninen kuntotutkimus (Vahanen Oy 3.5.2011). Tutkimuksissa paljastui sisäilmaongelmien aiheuttajiksi muun muassa

- huonosti toimiva ilmanvaihto
- rasvanerotuskaivosta sisään kulkeutuneet hajut ja epäpuhtaudet
- lattiapintojen materiaaalipäästöt
- kantavien väliseinien alaosien kosteus- ja mikrobivauriot. (Leskinen 2011, 15 - 18; Miihkinen 2011, 9 - 12.)

Lattioiden mattopäällyste oli laajalta alueelta melko heikosti kiinni, joten vaikka lattiarakenteen mittauksissa kosteus ei ollut erityisen korkea muutamaa mittauspaikkaa lukuun ottamatta, kuitenkin muovimatto, liima ja/tai tasoite olivat oletettavasti jossain vaiheessa liiallisen kosteuden vuoksi vaurioituneet. Tutkimuksessa paikallisten vaurioiden syyksi epäiltiin maaperästä noussutta kosteutta sekä yläpuolelta, kuten märkätiloista rakenteeseen päässyttä kosteutta. Laajempiin vaurioihin todennäköisimmäksi syyksi kuitenkin epäiltiin pintabetonilaatan liiallista rakennekosteutta päällystysbetonilla. (Leskinen 2011, 15 - 18.)

ISS Proko Oy:n toimenpidesuositukset korjauksiin olivat rankempana joko pintalaatan ja lämpöeristeen purkaminen ja pohjalaatan vesieristäminen tai kevyempänä toimenpiteenä pintalaatan kapselointi. Vahanen Oy:n jatkotutkimuksessa päädyttiin siihen tulokseen, että kapseloinnilla sekä muilla asiaan kuuluvilla korjauksilla päiväkodista saadaan toimiva kokonaisuus. (Leskinen 2011, 15 - 18; Miihkinen 2011, 11 - 12.)

Päiväkodin sisäilmaongelmia aiheutti siis melkein jokainen aiemmin esitetty sisäilmaongelmien tyypillinen syy. Seuraavaksi mainitut korjaukset koskevat vain sisäilmaongelmiin liittyviä korjaustoimenpiteitä, vaikka korjauksen luonne muuttui projektin edetessä sisäilmakorjauksista laajaan peruskorjaukseen. Kohteen raken-

ne- ja korjaustyön suunnittelusta vastasi IdeaStructura Oy ja LVI-suunnittelusta Arkins Suunnittelu Oy.

3.4.1 Alapohjan korjaustoimenpiteet

Päiväkodin kaikki lattiapinnat uusittiin. Vanhat matot poistettiin ja uudet asennettiin kapseloidun laatan päälle. Märkätilojen lattiakaakeloinnit vaihdettiin ja vesieristys uusittiin. Kaikki LVIS-läpiviennit tiivistettiin, samoin kuin kaikki seinä-lattialiittymät. Keittiön lattian akryylipinta uusittiin.

Lattiarakenne on niin kutsuttu kaksoislaatta, jossa laattojen välisen eristekerroksen alla on ohut tasaushiekkakerros. Pohjalaatan alapuolinen hiekkakerros sekä tasaushiekkakerros alipaineistettiin kolmea huippuimuria käyttämällä.

3.4.2 Seinien korjaustoimenpiteet

Pohjalaatan päältä lähteneet puurunkoiset väliseinät nostettiin pintalaatan tasolle ja vapaa tila täytettiin betonivalulla. Näissä osissa luonnollisesti seinän alaosa uusittiin myös levytys ja eristeet. Käytäviä ja eteistiloja rajanneet tiiliväliseinät päättyivät alakaton yläpuolelle, joten ilma pääsi vapaasti kiertämään koko alueella. Näiden seinien yläosa suljettiin ja tiivistettiin yläpohjaan alakaton yläpuoliselta osalta. Läpiviennit, sähköasiat ja johdotukset, ikkunoiden ja ovien karmit sekä kaikki seinä-yläpohjaliittymät tiivistettiin.

Märkätilojen seinien kaakelointi vaihdettiin ja puuttuva vesieristys asennettiin.

3.4.3 Yläpohjan korjaustoimenpiteet

Alakatot uusittiin kauttaaltaan. Osa yläpohjan höyrynsulusta vaihdettiin ja paikattiin. Koolaukset ja levytykset uusittiin. Yläpohjan läpiviennit, johdotukset ynnä muut tiivistettiin.

3.4.4 Muuta mainittavaa

Rakennuksen ilmanvaihto uusittiin. Lämpöputkien paljaat villaeristeet vaihdettiin. Osa rakennuksen julkisivuverhouksesta, koolauksista ja tuulensuojalevyistä uusittiin puuttuvan ilmaraon vuoksi. Uusitun julkisivuverhouksen kohdalta myös ikkunoiden vesipellit uusittiin. Rasvanerotuskaivo vaihdettiin ja parkkipaikkoja laajennettiin ja asfaltoitiin.

Vesikatossa oli satunnaisesti pieniä vuotoja, mistä ei kuitenkaan aiheutunut varsinaisia sisäilmaongelmia. Katto paikattiin ja kastuneet eristeet vaihdettiin.

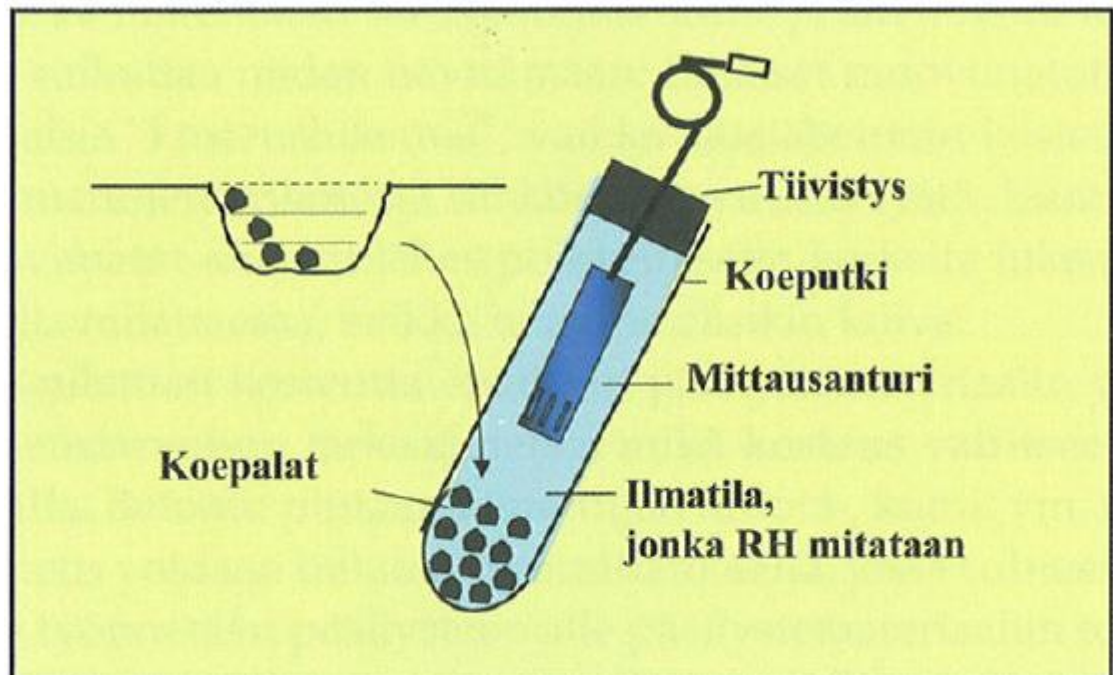
Ennen päiväkotia vuosina 1940 - 1970 paikalla on sijainnut nahkatehtaan kaatopaikka. Maa-aineita tutkittiin keväällä 2011 ja tutkimuksissa löytyi pilaantunutta maa-ainesta. Osalle pihaa tehtiin massanvaihto. Pihalle on tehty massanvaihtoja aiemminkin vuosien 2002 - 2003 tutkimusten perusteella sekä rakennusaikana vuonna 1989.

4 KOSTEUSMITTAUKSET

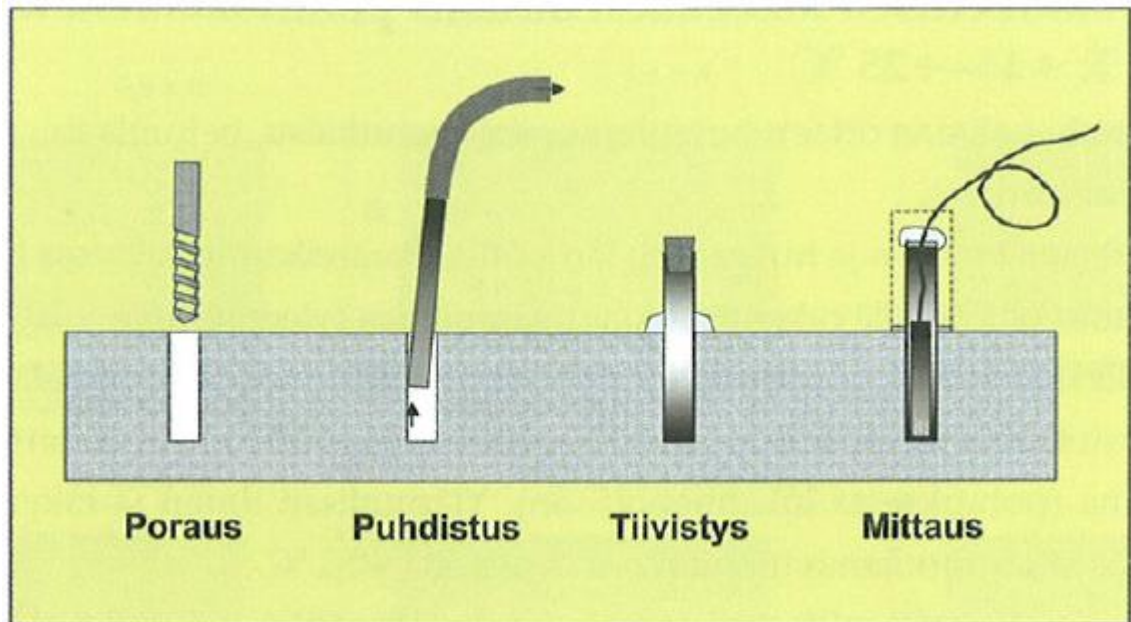
4.1 Kosteusmittaukset yleisesti

Betonirakenteiden kosteusmittauksien **tavoitteena** on varmistua, ettei käytettävä päällyste altistu liian suurelle kosteusrasitukselle ja ettei betonin kutistuminen tule olemaan liian suuri. Kosteusmittauksilla vältetään kosteudelle herkkien päällysteiden mikrobi- ja kemialliset vauriot, haitalliset kosteusliikkeet sekä materiaalien irtoaminen alustasta. (RT 14-10984 2010, 13.)

Kosteusmittaukset jaetaan lähtötasomittauksiin, seurantamittauksiin ja päällystettävyyssmittauksiin. Rakenteille tehtävien mittauksien lisäksi sisäilman lämpötilaa ja kosteutta tulee seurata, jotta voidaan varmistua esimerkiksi kuivumisen kannalta hyvistä olosuhteista. Kosteusmittaukset tehdään tilanteesta riippuen joko näytepalala- (kuvio 4) tai porareikämenetelmällä (kuvio 5) RT 14-10984-ohjekortin mukaan. Edellä mainittujen tyyppien lisäksi kosteusmittauksia tehdään korjaustöiden laajuutta määrittäessä ja rakenteiden rakennusfysikaalista toimivuutta tutkittaessa. (Betonikeskus ry 2007, 5; RT 80-10712 1999, 2 - 3.)



Kuvio 4. Näytepalamenetelmä.
(Betonikeskus ry 2007, 8)



Kuvio 5. Porareikämenetelmä.
(Betonikeskus ry 2007, 9)

Lähtötasomittaukset tehdään silloin, kun voidaan olla varmoja, ettei rakenne pääse enää kastumaan. Kuitenkin ennen lähtötasomittausten suorittamista olisi suotavaa, että lämmitysjärjestelmä on ollut jonkin aikaa päällä. (Betonikeskus ry 2007, 5.)

Seurantamittauksia tehdään 2 - 4 viikon välein. Seurantamittauksilla varmistetaan rakenteen suunniteltu kuivuminen ja työmaan pysyminen aikataulussa. Seurantamittausten perusteella rakenteelle voidaan tehdä jatkotoimenpiteinä esimerkiksi kuivumisolosuhteiden parantamista tai nopeuttamista. (Betonikeskus ry 2007, 5.)

Rakenteen **päällystettävyyssmittauksia** tehdään tilanteesta riippuen 0 - 2 viikkoa ennen suunniteltua vedeneristystä tai päällystämistä. **Päällystettävyyssmittaukset tulee tehdä aina tasoitustöiden jälkeen.** (Betonikeskus ry 2007, 5; Kallinen 2012, 5.)

Mittausmenetelmänä voidaan aina käyttää näytepalamenetelmää, ellei mittausta ole tarve tehdä todella syvältä rakenteesta. Porareikämenetelmässä mittaussyvyys on vähintään 10 mm, kun taas näytepalamenetelmässä minimisyvyys on 2 mm.

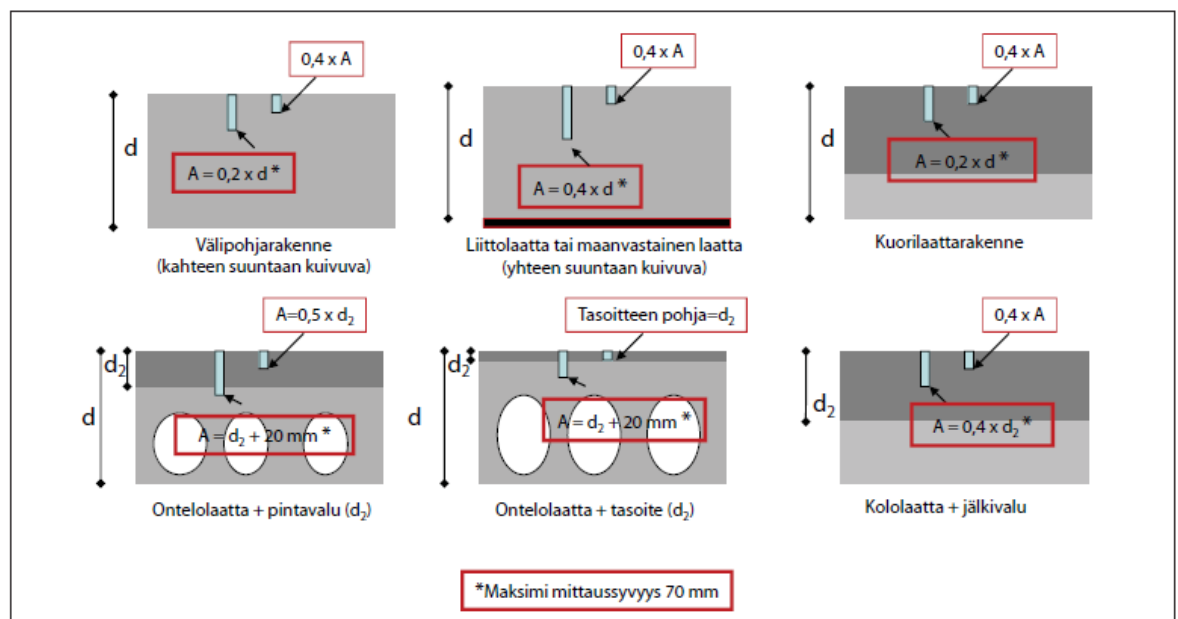
Näytepalamenetelmällä saadaan porareikämenetelmään verrattuna tarkempi ja nopeampi mittaustulos. (RT 14-10984 2010, 3.)

Kosteusmittauksien suorittajalta edellytetään rakennustekniikan perehtyneisyyttä ja riittävää tietoa rakennusmateriaaleista sekä rakennusfysiikkaan liittyvistä lämpö- ja kosteusteknisistä perusteista. Mittaajalla tulee olla todistuksena ammatipätevyydestään esimerkiksi VTT:n sertifikaatti tai vastaava. (RT 14-10984 2010, 3.)

4.2 Mittaussyvyyyden määrittäminen

Laatasta tehtävän kosteusmittauksen mittaussyvyys määräytyy rakenteen tyypin ja paksuuden mukaan (RT 14-10984 2010, 3). Kuviossa 3 on esitetty mallit tyypillisimpien rakenteiden mittaussyvyyksien määrittämiseen.

Laatan kosteus mitataan kahdelta eri syvyydeltä sekä rakenteen pinnasta. Arviointisyvyyden (A) kosteus on lähellä tiiviin päällysteen alle tasapainottuvaa kosteuspiitoisuutta, mikäli laatta ei ole kosteampi lähempänä pintaa. Pintaosan suhteellinen kosteus varmistetaan mittaamalla kosteus sekä syvyydeltä $0,4 \times A$ että tasoitteen pinnalta ($0 - 5 \text{ mm}$). (RT 14-10984 2010, 14.)



Kuvio 6. Mittaussyvyyyden määrittäminen tyypillisimmissä rakenteissa. (RT 14-10984 2010, 14)

4.3 Kosteusmittaukset eri korjausmenetelmien yhteydessä

Vanhan betonilaatan kuivatustoimenpiteet purkutyön jälkeen määräytyvät jo sisäilmaongelman tutkimusvaiheessa tehtyjen kosteusmittausten perusteella. **Laatan vaatiessa kuivatusta** kuivumisen etenemistä seurataan kosteusmittauksilla. (RT 80-10712 1999, 3.)

Täysin uudelle laatalle tulee tehdä kuivatussuunnitelma jonka etenemistä seurataan porareikämenetelmällä tehtävillä kosteusmittauksilla. Mittauksia jatketaan siihen saakka, että laatta on kuivunut riittävästi. (RT 14-10984 2010, 11; Sisäilmayhdistys ry 2008c.)

Sekä tuuletettavan ja lämmitettävän laatan että täysin uuden laatan päällystettävyyssmittaukset tehdään arviointisyvyydestä (A) ja pintaosasta ($0,4 \times A$) porareikämenetelmällä. Tasoitekerroksen pinnalta (0 – 5 mm) kosteus mitataan näytepalamenetelmällä. (RT 14-10984 2010, 14.)

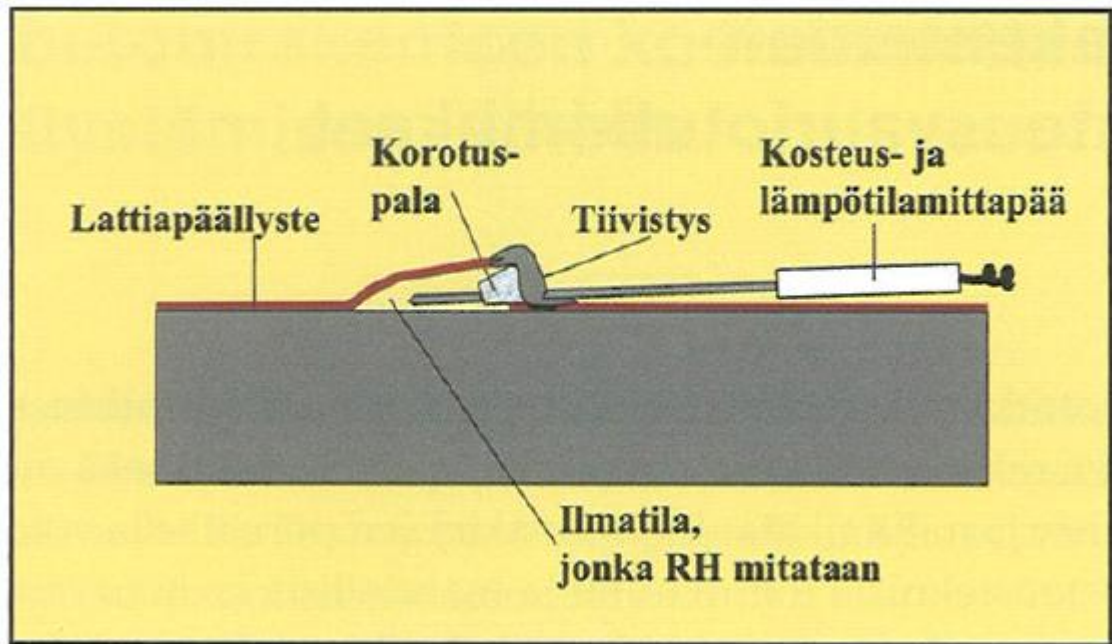
Epoksihartsilla kapseloidun laatan päällystettävyyys määritetään pelkästään tasoitteesta näytepalamenetelmällä. Näytepalamenetelmää käytetään tasoitteen ohuen kerroksen vuoksi ja lisäksi porareikämenetelmällä saatetaan helpommin puhkaista epoksihartsilla tehty kosteudensulkukerros. Mittausmenetelmän valintaan vaikuttaa myös se, että kapseloidulla laatalle epoksihartsin alapuolisen rakenteen kosteudella ei ole niin suurta merkitystä, koska kosteus ei pääse nousemaan tasoitekerrokseen asti. (Huttunen 2013.)

Päällystettävyyttä arvioitaessa tulee ensisijaisesti käyttää käytettävän maton- ja liimanvalmistajien antamia tuote- tai materiaalikohtaisia **suhteellisen kosteuden arvoja**. Eri päällystemateriaalien ohjeellisia raja-arvoja päällystettävyydelle on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Ohjeelliset raja-arvot päällystettävyydelle.
(Betonikeskus ry 2007, 34)

Päällystemateriaali	Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A)	Betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1-3 cm:n syvyydellä
Muovimatot	85	75
Linoleumi	85	
Kumimatot	85	
Tekstiilimatto, tiivis alusta (pvc, kumi, kumilatek-sisively) tai luonnonmateriaalista tehty	85	
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90	
Muovi-, kumi- ja linoleumi-laatat	90	

Korjaustavasta riippumatta korjauskohteessa tulee tehdä lisäksi **takuuaikaisia kosteusmittauksia**. Takuuaikaisilla, 0,2 - 2 vuotta korjaustyön jälkeen tehtävillä mittauksilla todennetaan korjauksen onnistuminen. Mittaus voidaan tehdä esimerkiksi viiltomittauksena (kuvio 7), millä saadaan helposti selville välittömästi päällysteen alla oleva suhteellinen kosteus. (Betonikeskus ry 2007, 10 - 11.)



Kuvio 7. Päällysteen alapuolella olevan suhteellisen kosteuden mittaaminen (Betonikeskus ry 2007, 12)

4.4 Kosteusmittausten dokumentointi

Jokaisesta kokeesta ja mittauksesta tulee tehdä mittausraportti (kuvio 8). Raportin tulee olla sellainen, että se selvittää kaikki mittauksen suorituksen yksityiskohdat, kuten esimerkiksi mittausmenetelmä, -syvyydet ja käytetty menetelmä. Mittausraportin sisällön tulee olla *RT 14-10984 (Betonin suhteellisen kosteuden mittaus)*-ohjekortin mukainen. (Ratu 1215-S 2006, 7; RT 14-10984 2010, 10.)

KOSTEUSMITTAUSRAPORTTI

KOY Vanhan talon uudet lattiat
Jossainpäin Suomea

Tilaaaja
Hyödyntäjä Oy
Heikki Hyöty (080-444123)

Tehtävä: 8 kk sitten valetun ja 2 kk sitten päällystetyn betonilattian kosteuskajauksen mittaus, päällysteen kosteusrasituksen arviointi ja toimenpideohjeistus.
Mittauskohdat valittiin pintakosteusilmaisimen näyttämien perusteella.
Mittausreikiä varten lattiapäällysteeseen tehtiin Ø 20 mm reiät lyöntimeistillä.

Porareikien poraus, puhdistus ja tiivistys 4.1.2010 klo 10 - 12
Mittapäiden asennus 7.1.2010 klo 9
Kosteusarvojen lukeminen 7.1.2010 klo 10:30

Mittaukset tehtiin RT-kortissa 14-10984 kuvatulla porareikämenetelmällä (tarkat mittaukset).
Mittauskalustona oli Vaisala Oy:n valmistamat HMP44 mittapäät ja HMI41 näyttölaite.
Mittapäät on kalibroitu Kalibratorio Oy:ssä 10.11.2009.

Kosteusmittaustulokset 7.1.2010*Tarkempi mittausmenetelmäkuvaus liitteenä*

mittaus- kohta	etäisyys seinästä	syvyys (cm)/ rakennekerros	mittapää (nro)	T (°C)	RH (%)	Abs (g/m ³)
1 <i>10 cm maan varainen betoni</i>	10 cm	1	2	20,3	93,3	16,4
	huone 13 (ks. piirros)	2,5	4	20,6	94,9	17,0
		6	5	20,1	95,5	16,6
		12 (styroxin yläpinta)	9	19,4	96,6	16,1
		26 (5 cm sepelissä)	10	14,2	97,3	11,9
2 <i>10 cm maan varainen betoni</i>	125 cm	1	3	20,9	78,7	14,3
	huone 13 (ks. piirros)	2,5	1	21,2	82,6	15,3
		6	6	20,4	85,2	15,1
		12 (styroxin yläpinta)	8	19,9	81,5	14,0
		26 (5 cm sepelissä)	7	16,6	75,0	10,6

Sisäilman olosuhteet mittaushetkellä olivat 20,5 °C ja 26 %RH. Ulkoilmassa -6,2 °C ja 94 %RH.

Mittaustarkkuustarkastelu

Rakennus oli normaalissa lämpötilassa, eikä rakenteen ja yläpuolisen ilman välillä ollut merkittävää lämpötilaeroa, joten lämpöoloista johtuen mittauksiin ei tullut mittausepä-tarkkuutta. Mittapäiden kalibrointiajankohta ja mittausten suoritusyksityiskohdat huomioiden kullakin syvyydellä saavutettiin riittävä mittaustarkkuus rakenteen kosteustilanteen tarkaksi arvioimiseksi.

Mittauksen kokonaismittaustarkkuus oli siten todennäköisesti noin ± 3 RH-yksikköä.

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tulosten ja muiden havaintojen perusteella pääosa lattiasta on päällystetty riittävän kuivalle betonille. Sepelistä mitattu alhainen kosteuspitoisuus osoittaa radon-imurin toiminnan ja lattiarakenteen hyvän kosteusteknisen toimivuuden. Vanhasta seinärakenteesta peräisin oleva kosteus pääsee siirtymään lattiabetoniin aiheuttaen lattiapäällysteen alle ulkoseinustoilla liiallisen kosteusrasituksen. Seinustoilta on suositeltavaa poistaa nykyinen päällyste tarkastelualueelta ja käyttää paremmin vesihöyryä läpäisevää päällystettä. Korjaukset tulee suunnitella rakennusfysikaaliset näkökohdat hyvin huomioiden.

Nohova mittausfirma Oy, 12.1.2010

Matti Mittaaja
Sertifioitu mittaja
Gsm: 070 - 555123

Kuvio 8. Esimerkki mittausraportista
(RT 14-10984 2010, 10)

5 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli alkuvaiheessa käsitellä pelkästään kapselointimenetelmä ja siihen liittyvät laadunvarmistusasiat. Työn edetessä tietoon tuli kuitenkin myös muut korjauksiin käytetyt menetelmät, joten ne otettiin mukaan käsiteltäväksi.

Työn aiheesta löytyi tietoa melko hajanaisesti, ainoa kaikkia tässä työssä käytettyjä menetelmiä käsittelevä kirjallinen lähde oli aiheesta aiemmin tehty opinnäytetyö (Miettinen 2010). Lopulta tietoa saatiin kuitenkin hankittua riittävästi muun muassa haastatteluilla sekä tarkastelemalla asiaa käsitteleviä tutkimuksia ja perehtymällä jo aiemmin tehtyihin korjauksiin. Lisäksi kapselointikäsitteilyn kulusta löytyi hyvin tietoa ohjeistuksessa käytetyn valmistajan tuoteluettelosta.

Työn tuloksena syntyi täydennettävissä oleva ja kattava opas tällä hetkellä käytävissä olevista korjausmenetelmistä ja eri menemiin sopivista rakennetyypeistä. Huomiota saatiin kiinnitettyä lisäksi tiivistöiden suorittamiseen ja erityisesti kosteusmittauksiin ja jo olevassa olemasta ohjeistuksesta saatiin kerättyä tiedot mittauksen suorittamiseen oikeassa vaiheessa niin työn aikana kuin takuuajan sisällä. Tärkein työssä tehty huomio on se, että töiden suorittamisessa täytyy kiinnittää huomiota jokaiseen työvaiheeseen. Esimerkiksi kapselointimenetelmässä voidaan alussa huolellisesti tehdyllä työllä helposti korjata maaperästä nousseen kosteuden aiheuttamat ongelmat, mutta liian ohuella tasoitekerroksella ja laiminlyödyillä päällystettävyyssmittauksilla tuloksena voi olla rakennekosteudesta vaurioituneen päällysteen ja liiman aiheuttamat emissiot.

Tuloksena syntyneitä ohjeistuksia voidaan käyttää soveltuvin osin myös uudisrakentamisen mattotöiden laadunvarmistuksessa. Oppaan varsinainen toimivuus selviää tulevien korjaustöiden tuloksien yhteydessä.

LÄHTEET

A 10.9.1999/895. Maankäyttö- ja rakennusasetus.

Aikivuori, A. 2001. Terveen rakennuksen evoluutio. Espoo: VTT.

Akzo Nobel Coatings Oy. 2008. CascoProff Universal tuoteseloste. [Verkkajulkaisu]. Vantaa: Akzo Nobel Coatings Oy. [Viitattu: 9.3.2013]. Saatavana: http://media.schoenox.net/casco/docs/cascoproffuniversal_fi_fi_tds.pdf?1365761856

Ardex Oy. 2007. Ardex 8+9 tuote-esite. [Verkkajulkaisu]. Espoo: Ardex Oy. [Viitattu: 1.3.2013]. Saatavana: http://www.ardex.fi/wp-content/uploads/2012/04/Ardex_8+9.pdf

Ardex Oy. 2009a. Ardex K14 tuote-esite. [Verkkajulkaisu]. Espoo: Ardex Oy. [Viitattu: 19.3.2013]. Saatavana: http://www.ardex.fi/wp-content/uploads/2012/04/Ardex_K_14.pdf

Ardex Oy. 2009b. Ardex K75 tuote-esite. [Verkkajulkaisu]. Espoo: Ardex Oy. [Viitattu: 19.3.2013]. Saatavana: http://www.ardex.fi/wp-content/uploads/2012/04/Ardex_K_75.pdf

Ardex Oy. 2011. Ardex P51 tuote-esite. [Verkkajulkaisu]. Espoo: Ardex Oy. [Viitattu: 5.3.2013]. Saatavana: http://www.ardex.fi/wp-content/uploads/2012/04/Ardex_P_51.pdf

Ardex Oy. 2012. Ardex EP 2000 tuote-esite. [Verkkajulkaisu]. Espoo: Ardex Oy. [Viitattu: 7.3.2013]. Saatavana: <http://www.ardex.fi/wp-content/uploads/2013/02/Ardex-EP-2000.pdf>

Ardex Oy. 2013. Ardex tuoteluettelo 1/2013. [Verkkajulkaisu]. Espoo: Ardex Oy. [Viitattu 7.3.2013]. Saatavana: <http://www.ardex.fi/tyoohjepankki/tuoteluettelo-2013/>

Asikainen, V & Peltola, S. 2008. Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Helsinki: Opetushallitus.

Asumisterveysohje. 2003. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003.

Asumisterveysopas. 2009, 3. painos. Pori: Ympäristö ja terveys-lehti.

Betonikeskus ry. 2007. Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet, 3.painos. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

- Hengitysliitto ry. Ei päiväystä. VOC-päästöt. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Hengitysliitto ry. [Viitattu 14.3.2013]. Saatavana: <http://www.heli.fi/Hengitysilma/Sisailma/Muita-sisailmaongelmia/VOC-paastot/>
- Huttunen, J. 2011. Nahkurin päiväkot, alustava korjaustyöselostus.
- Huttunen, J. 2013. Projektipäällikkö. IdeaStructura Oy. Haastattelu 4.4.2013.
- Härkönen, K. 2012. Vaurioitumattomien lattiapintamateriaalien referenssitiedon kartuttaminen bulk-emissiotutkimuksilla. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Laboratorioalan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Järnström, H. 2005. Muovimattopinnoitteen lattiarakenteen VOC-emissiot sisäilmaongelmatapauksissa. Helsinki: VTT. VTT Publications 571.
- Kallinen, M. 2012. Lattiapäällysteen suojaaminen alkaliselta kosteudelta ja betonirakenteiden pinnoituskelpoisuuden kosteusmittaukset: Riskit toteutusvaiheessa. Luentomateriaali. Kuopio: Sirate Oy.
- L 21.12.2012/958. Maankäyttö- ja rakennuslaki.
- L 23.8.2002/738. Työturvallisuuslaki.
- L 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki.
- Laitinen, S. 2007. Sisäilma VOCit. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Työterveyslaitos. [Viitattu: 1.3.2013]. Saatavana: http://www.sisailmayhdistys.fi/attachments/laitinen_sirpa_tyoterveyslaitos.pdf
- Laurén, G. 2010. Lattiatasoitteiden ja -rakenteiden kosteudenhallinta. Luentomateriaali. Helsinki: Saint-Gobain Weber Oy Ab.
- Leskinen, M. 2011. Nahkurin päiväkot, kosteustekninen kuntotutkimus.
- Miettinen, M. 2010. Kemiallisesti hajoavien lattian pintarakenteiden korjaaminen. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Miihkinen, A. 2011. Nahkurin päiväkot, sisäilmaraportti.
- Ositum Oy. Ei päiväystä. 2-etyyliheksanoli. [Verkojulkaisu]. Espoo: Ositum Oy. [Viitattu 4.3.2013]. Saatavana: <http://www.ositum.fi/index.php?p=2etyyliheksanoli>

- Ositum Oy. Ei päiväystä. 2-etyyliheksanoliongelma. [Verkkojulkaisu]. Espoo: Ositum Oy. [Viitattu: 5.3.2013]. Saatavana: <http://www.ositum.fi/newsletter.php?f=20100824115807>
- Ositum Oy. Erittäin haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VVOC) ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC). [Verkkojulkaisu]. Espoo: Ositum Oy. [Viitattu: 15.3.2013]. Saatavana: <http://www.ositum.fi/index.php?p=HaihtuvatorgaanisethiilivedytV>
- Ositum Oy. Materiaalien VOC-emissiot. [Verkkojulkaisu]. Espoo: Ositum Oy. [Viitattu 1.3.2013]. Saatavana: <http://www.ositum.fi/index.php?p=Flec>
- Piippuri, O. 2011. ”Pilaako tämä myrkkypommi kotisi?”. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Sanoma News Oy / Taloussanommat. [Viitattu: 4.3.2013]. Saatavana: <http://www.taloussanommat.fi/asuminen/2011/02/17/pilaako-tama-myrkkypommi-kotisi/20112277/310>
- RakMK D2. 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2, Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Ratu 1215-S. 2006. Työmaan laadunvarmistus, tarkastukset ja mittaukset. Helsinki: Rakennustieto.
- Ratu 437-T. 2009. Sisäilmastoluokitus 2008. Helsinki: Rakennustieto.
- Ratu 82-0379. 2011. Purkutyö. Helsinki: Rakennustieto.
- Ratu 82-0383. 2011. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. Helsinki: Rakennustieto.
- Ratu F13-0363. 2010. Maanvaraisen betonialapohjan uusiminen. Helsinki: Rakennustieto.
- Ratu F63-0332. 2008. Maton purku ja uusiminen. Helsinki: Rakennustieto.
- Reijula, K ym. 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Helsinki: Eduskunta. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012.
- RT 07-10741. 2001. Sisäilmastoluokitus 2000. Helsinki: Rakennustieto.
- RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Helsinki: Rakennustieto.
- RT 14-11103. 2013. SisäRYL 2013. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt. Helsinki: Rakennustieto.

RT 80-10712. 1999. Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Helsinki: Rakennustieto.

Siirilä, A. 2013. Toimitusjohtaja. Pinalto Oy. Haastattelu 3.4.2013.

Sisäilmaopas. 2011. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Hengitysliitto ry. [Viitattu: 28.2.2013]. Saatavana: http://www.heli.fi/content/Julkaisut_materiaalit/Sisailma_ ja_korjausoppaat/Sisailmaopas_web.pdf

Sisäilmayhdistys ry. 2003. Tehokas korjaustapa vanhojen muovimattojen TXIB – ongelmalle. [Verkkojulkaisu]. Espoo: Sisäilmayhdistys ry. [Viitattu: 12.3.2013]. Saatavilla: http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/tiedotteet_ennen_2009/?id=15

Sisäilmayhdistys ry. 2008a. Perustietoa. [Verkkojulkaisu]. Espoo: Sisäilmayhdistys ry, [Viitattu 13.3.2013]. Saatavana: http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/perustietoa/

Sisäilmayhdistys ry. 2008b. Sisäilmaoireet. [Verkkojulkaisu]. Espoo: Sisäilmayhdistys ry. [Viitattu: 20.3.2013]. Saatavana: http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/terveysvaikutukset/sisailmaoireet/

Sisäilmayhdistys ry. 2008c. Työmaan kosteudenhallinta. [Verkkojulkaisu]. Espoo: Sisäilmayhdistys ry. [Viitattu: 21.3.2013]. Saatavana: http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/korjausten_laadunvarmistus/tyomaan_kosteudenhallinta/

Sisäilmayhdistys ry. Ei päiväystä. Perustietoa. [Verkkojulkaisu]. Espoo: Sisäilmayhdistys ry. [Viitattu: 12.3.2013]. Saatavana: <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/>

Sisäilmayhdistys ry. Ei päiväystä. Sisäilmastoluokitus. [Verkkojulkaisu]. Espoo: Sisäilmayhdistys ry. [Viitattu: 15.3.2013]. Saatavana: <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/sisailmastoluokitus/>

Tompuri, V. 2013. Monet epoksia käsittelevät joutuvat vaihtamaan alaa. Rakennuslehti 14.3.2013, 7.

Työterveyslaitos. 2011. Sisäilman 2-etyyli-1-heksanoli. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Työterveyslaitos. [Viitattu: 7.3.2013]. Saatavilla: http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ ja_sisaymparisto/terveydelliset_tekijat/sisailman_2eh/sivut/default.aspx

Upofloor Oy. 2006. Upofloor lattia- ja seinänpäällysteiden suunnittelu- ja kiinnitysohjeet. [Verkkajulkaisu]. Nokia: Upofloor Oy. [Viitattu: 1.3.2013]. Saatavana: http://www.upofloor.com/upofloor_fi/?_EVIWYSIWYG_FILE=35282&name=file

Upofloor Oy. 2010. Upofloor LifeLine Cs: asennus. [Verkkajulkaisu]. Nokia: Upofloor Oy. [Viitattu: 14.3.2013]. Saatavana: http://www.upofloor.com/upofloor_fi/upofloor_oy/etusivu/tuotteet/julkiset_tilat/lifeli-ne_pvc_vapaat_lattianpaallysteet/ShowProduct.eviacms/productGroup/52038/product/15640/LifeLine%20CS

LIITTEET

LIITE 1 Korjaus kapselointimenetelmällä

LIITE 2 Korjaus lämmitys- ja tuuletusmenetelmällä

LIITE 3 Korjaus purkamalla ja uusimalla laatta

LIITE 1 Korjaus kapselointimenetelmällä

Ennen työn aloittamista:

- Osastointi ja alipaineistus soveltuvin osin ohjekorttien *Ratu 82-0383 (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku)* ja *RatuTT 13.14 1225-S (Pölyntorjunta rakennustyössä)* mukaan
- Valvoja ja vastaava työnjohtaja tarkastavat osastoinnin ja alipaineistuksen ennen töiden aloittamista
- IV-kanavien tulppaus ja IV-laitteiden sulkeminen
- Selvitys mahdollisista haitta-aineista
- Kosteudenhallintasuunnitelman tekeminen
- Käytettävien tuotteiden yhteensopivuuden tarkistaminen, erityisesti liiman ja maton yhteensopivuus

Varsinaisen työn aikana:

- Työmaan olosuhteiden seuranta ja dokumentointi
- Maton, liiman ja tasoitekerroksen poistaminen ja betonilaatan syvähionta, käytettävä kohdepoistolla varustettuja koneita
- Laatan imurointi
- Mahdollisten halkeamien paikkaus
- Kapselointi epoksihartsilla (Ardex EP 2000) valmistajan ohjeiden mukaan
 - Levitys puhtaalle laatalle 2 kerrosta ristikkäin, kerrosten levittämisen välillä 6 - 48 h
 - Menekki vähintään 300 g/m²/kerros, menekkiä seurattava
 - Toista kerrosta levitettäessä huolehdittava ettei jää huokosia tai reikiä
 - Toisen kerroksen pinnalle kvartsihiekkää (raekoko 0,5 - 1,2 mm) välittömästi levittämisen jälkeen
- Laatan imurointi

- Tiivistykset (Ardex 8+9 ja SK12) valmistajan ohjeiden mukaan
 - Läpivientien tiivistys pastamaisella massalla
 - Seinä-lattialiittymien tiivistys telattavalla massa ja vahvistusnauhalla
 - Runsaan vesieristeen levittäminen vahvistusnauhan peittämälle alueelle
 - Märkään massaun vahvistusnauha lastan avulla siten, ettei alustan ja nauhan väliin jää ilmataskuja
 - Kuivumisen jälkeen uusi kerros vesieristettä nauhan päälle ja siitä n. 10 mm yli
- Laatan imurointi
- Tasoitus (Ardex K14 tai K75) valmistajan ohjeiden mukaan
 - Minimi kerrospaksuus 5 mm
- Kosteusmittaus tasoitekerroksesta päällystettävyyden määrittämiseksi näytepalamenetelmällä RT 14-10984-ohjekortin mukaisesti, raja-arvot liiman- ja päällystenvalmistajan mukaan
- Maton liimaaminen
 - Olosuhteisiin kiinnitettävä huomiota: huoneen lämpötila lähellä lopullista käyttölämpötilaa. Alustan, liiman ja päällysteen lämpötila lähellä huoneen lämpötilaa, kuitenkin 18 - 24 asteen välillä. Ilman suhteellinen kosteus valmistajien ohjeiden mukaan
 - Mattoa säilytettävä kiinnitysolosuhteita vastaavissa olosuhteissa vähintään vuorokauden ajan ennen kiinnittämistä
 - Liimaus myöhäisenä märkäliimauksena (tarraliimaus)

Töiden jälkeen:

- Takuuaikaiset kosteusmittaukset 0,2 - 2 vuotta korjaustyön jälkeen

Työturvallisuus ja suojaukset:**Purkutyöt:**

Hionnassa ja jyrsimisessä: hengityksen- ja kuulonsuojaus.

Kapselointi:

Epoksi: Ihokosketus → pesu vedellä ja saippualla. Silmäkosketus → huuhtelu runsaalla vedellä ja meno lääkäriin. Sotkeutuneet vaatteet vaihdettava.

Epoksin sekoitusvaiheessa: iho ja silmät suojattava.

Epoksia levitettäessä: käsiineet.

Epoksilla voimakas itsestäänlämpiävyys, reaktio sitä voimakkaampi, mitä enemmän ainetta on jäänyt purkkiin → osittain käytettyä purkkia ei saa jättää syttyvien materiaalien läheisyyteen.

Tiivistys:

Vedeneristettä käytettäessä: iho ja silmät suojattava. Roiskeet huuhdeltava huolellisesti vedellä. Ärsytyksen jatkuessa pidempään mentävä lääkäriin.

Maton kiinnitys:

Liimaa käytettäessä: iho ja silmät suojattava, huomioitava työhygieniä ja huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta. Ihokosketus → pesu vedellä ja saippualla. Silmäkosketus → huuhtelu runsaalla vedellä. Ärsytyksen jatkuessa mentävä lääkäriin.

LIITE 2 Korjaus lämmitys- ja tuuletusmenetelmällä

Ennen työn aloittamista:

- Osastointi ja alipaineistus soveltuvien osien ohjekorttien *Ratu 82-0383 (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku)* ja *RatuTT 13.14 1225-S (Pölyntorjunta rakennustyössä)* mukaan
- Valvoja ja vastaava työnjohtaja tarkastavat osastoinnin ja alipaineistuksen ennen töiden aloittamista
- IV-kanavien tulppaus ja IV-laitteiden sulkeminen
- Selvitys mahdollisista haitta-aineista
- Kosteudenhallintasuunnitelman tekeminen
- Käytettävien tuotteiden yhteensopivuuden tarkistaminen, erityisesti liiman ja maton yhteensopivuus

Varsinaisen työn aikana:

- Työmaan olosuhteiden seuranta ja dokumentointi
- Maton, liiman ja tasoitekerroksen poistaminen ja betonilaatan syvähionta, käytettävä kohdepoistolla varustettuja koneita
- Laatan imurointi
- Lämmitys ja tuuletus
 - Lämmitys lämpömatoilla tai erillisillä puhaltimilla, tukena voidaan käyttää talon oma lämmitysjärjestelmä
 - Tuuletus alipaineistajilla
 - Lämpötila 30 - 35 astetta, toimenpiteen kesto 2 - 3 viikkoa, tarvittaessa kauemmin
 - Toimenpiteen riittävyyden arviointi aistinvaraisesti
 - Kosteusmittaus porareikä- ja näytepalamenetelmillä *RT 14-10984*-ohjekortin mukaisesti mikäli laatta on vaatinut kuivatusta. Kosteuden ollessa korkea jatketaan lämmitystä ja tuuletusta siihen saakka että laatta on kuiva
- Laatan imurointi
- Pohjustus (Ardex P51) valmistajan ohjeiden mukaan

- Tiivistykset (Ardex 8+9 ja SK12) valmistajan ohjeiden mukaan
 - Läpivientien tiivistys pastamaisella massalla
 - Seinä-lattaliittymien tiivistys telattavalla massa ja vahvistusnauhalla
 - Runsaan vesieristeen levittäminen vahvistusnauhan peittämälle alueelle
 - Märkään massaun vahvistusnauha lastan avulla siten, ettei alustan ja nauhan väliin jää ilmataskuja
 - Kuivumisen jälkeen uusi kerros vesieristettä nauhan päälle ja siitä n. 10 mm yli
- Laatan imurointi
- Tasoitus (Ardex K14 tai K75) valmistajan ohjeiden mukaan
 - Minimi kerrospaksuus 5 mm, voidaan käyttää myös ohuempaa kerrosta, mikäli valmistaja lupaa riittävän alkalisuojan
- Kosteusmittaus päällystettävyyden määrittämiseksi koko laatasta porareikä- ja näytepalamenetelmillä *RT 14-10984 –ohjekortin* mukaisesti, raja-arvot liiman- ja päällystenvalmistajan mukaan
- Maton liimaaminen
 - Olosuhteisiin kiinnitettävä huomiota: huoneen lämpötila lähellä lopullista käyttölämpötilaa. Alustan, liiman ja päällysteen lämpötila lähellä huoneen lämpötilaa, kuitenkin 18 - 24 asteen välillä. Ilman suhteellinen kosteus valmistajien ohjeiden mukaan
 - Mattoa säilytettävä kiinnitysolosuhteita vastaavissa olosuhteissa vähintään vuorokauden ajan ennen kiinnittämistä
 - Maton liimausmenetelmä alustan sekä liiman- ja matonvalmistajan ohjeiden mukaan

Töiden jälkeen:

- Takuuaikaiset kosteusmittaukset 0,2 - 2 vuotta korjaustyön jälkeen

Työturvallisuus ja suojaukset:**Purkutyöt:**

Hionnassa ja jyrsimisessä: hengityksen- ja kuulonsuojaus.

Tiivistys:

Pohjustinta käytettäessä: iho ja silmät suojattava, sotkeutuneet vaatteet vaihdettava. Ihokosketus → pesu vedellä ja saippualla. Silmäkosketus → huuhtelu vedellä kunnes ärsytys helpottaa. Ärsytyksen jatkuessa mentävä lääkäriin.

Vedeneristettä käytettäessä: iho ja silmät suojattava. Roiskeet huuhdeltava huolellisesti vedellä. Ärsytyksen jatkuessa pidempään mentävä lääkäriin.

Maton kiinnitys:

Liimaa käytettäessä: iho ja silmät suojattava, huomioitava työhygieniä ja huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta. Ihokosketus → pesu vedellä ja saippualla. Silmäkosketus → huuhtelu runsaalla vedellä. Ärsytyksen jatkuessa mentävä lääkäriin.

LIITE 3 Korjaus purkamalla ja uusimalla laatta

Ennen työn aloittamista:

- Osastointi ja alipaineistus soveltuvin osin ohjekorttien *Ratu 82-0383 (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku)* ja *RatuTT 13.14 1225-S (Pölyntorjunta rakennustyössä)* mukaan
- Valvoja ja vastaava työnjohtaja tarkastavat osastoinnin ja alipaineistuksen ennen töiden aloittamista
- IV-kanavien tulppaus ja IV-laitteiden sulkeminen
- Selvitys mahdollisista haitta-aineista
- Kosteudenhallintasuunnitelman tekeminen (kuivatussuunnitelma uudelle laatalle)
- Käytettävien tuotteiden yhteensopivuuden tarkistaminen, erityisesti liiman ja maton yhteensopivuus

Varsinaisen työn aikana:

- Työmaan olosuhteiden seuranta ja dokumentointi
- Vanhan lattiarakenteen purku maakerrokseen asti
- Maakerrosten korjaus- ja täyttötöet suunnitelmien mukaan
- Uuden laatan valaminen suunnitelmien ja/tai *Ratu F13-0363*-ohjekortin mukaan. Valun jälkihoito muovin tai jälkihoitoaineiden avulla, ei kastele-malla laattaa. Sementtiliima hiottava pois ennen pohjustamista
- Laatan kuivumisen seuranta kosteusmittauksilla *RT 14-10984*-ohjekortin mukaan
- Laatan imurointi
- Pohjustus (Ardex P51) valmistajan ohjeiden mukaan

- Tiivistykset (Ardex 8+9 ja SK12) valmistajan ohjeiden mukaan
 - Läpivientien tiivistys pastamaisella massalla
 - Seinä-lattaliittymien tiivistys telattavalla massa ja vahvistusnauhalla
 - Runsaan vesieristeen levittäminen vahvistusnauhan peittämälle alueelle
 - Märkään massaun vahvistusnauha lastan avulla siten, ettei alustan ja nauhan väliin jää ilmataskuja
 - Kuivumisen jälkeen uusi kerros vesieristettä nauhan päälle ja siitä n. 10 mm yli
- Laatan imurointi
- Tasoitus (Ardex K14 tai K75) valmistajan ohjeiden mukaan
 - Minimi kerrospaksuus 5 mm, voidaan käyttää myös ohuempaa kerrosta, mikäli valmistaja lupaa riittävän alkalisuojan
- Kosteusmittaus päällystettävyyden määrittämiseksi koko laatasta porareikä- ja näytepalamenetelmillä *RT 14-10984*-ohjekortin mukaisesti, raja-arvot liiman- ja päällystenvalmistajan mukaan
- Maton liimaaminen
 - Olosuhteisiin kiinnitettävä huomiota: huoneen lämpötila lähellä lopullista käyttölämpötilaa. Alustan, liiman ja päällysteen lämpötila lähellä huoneen lämpötilaa, kuitenkin 18 - 24 asteen välillä. Ilman suhteellinen kosteus valmistajien ohjeiden mukaan
 - Mattoa säilytettävä kiinnitysolosuhteita vastaavissa olosuhteissa vähintään vuorokauden ajan ennen kiinnittämistä
 - Maton liimausmenetelmä alustan sekä liiman- ja matonvalmistajan ohjeiden mukaan

Töiden jälkeen:

- Takuuaikaiset kosteusmittaukset 0,2 - 2 vuotta korjaustyön jälkeen

Työturvallisuus ja suojaukset:**Purkutyöt:**

Hionnassa ja jyrsimisessä: hengityksen- ja kuulonsuojaus.

Piikkauksessa ja kulmahiomakoneen käytössä: kypärä, silmien-, kuulon- ja hengityksensuojaus.

Tiivistys:

Pohjustinta käytettäessä: iho ja silmät suojattava, sotkeutuneet vaatteet vaihdettava. Ihokosketus → pesu vedellä ja saippualla. Silmäkosketus → huuhtelu vedellä kunnes ärsytys helpottaa. Ärsytyksen jatkuessa mentävä lääkäriin.

Vedeneristettä käytettäessä: iho ja silmät suojattava. Roiskeet huuhdeltava huolellisesti vedellä. Ärsytyksen jatkuessa pidempään mentävä lääkäriin.

Maton kiinnitys:

Liimaa käytettäessä: iho ja silmät suojattava, huomioitava työhygieniä ja huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta. Ihokosketus → pesu vedellä ja saippualla. Silmäkosketus → huuhtelu runsaalla vedellä. Ärsytyksen jatkuessa mentävä lääkäriin.